

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JHONNY KLEBER FERREIRA DA SILVA

PREDIÇÃO DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA EM NADADORES A
PARTIR DA CURVA DE ESFORÇO PERCEBIDO DURANTE TESTE INCREMENTAL

CURITIBA

2019

JHONNY KLEBER FERREIRA DA SILVA

PREDIÇÃO DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA EM NADADORES A
PARTIR DA CURVA DE ESFORÇO PERCEBIDO DURANTE TESTE
INCREMENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do Título de Mestre em
Educação Física do Programa de Pós-
Graduação em Educação Física, do Setor de
Ciências Biológicas da Universidade Federal do
Paraná

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Silva, Jhonny Kleber Ferreira da
Predição dos limiares de transição fisiológica em nadadores a partir da
curva de esforço percebido durante teste incremental. / Jhonny Kleber
Ferreira da Silva. – Curitiba, 2019.
93 p.: il.

Orientador: Raul Osiecki

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Natação 2. Treinamento físico 3. Teste de esforço I. Título II.
Osiecki, Raul III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências
Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (22. ed.) 797.21



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO FÍSICA -
40001016047P0

TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de JHONNY KLEBER FERREIRA DA SILVA intitulada: **Predição dos limiares de transição fisiológica em nadadores a partir da curva de esforço percebido durante teste incremental**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Fevereiro de 2019.


RAUL OSIECKI
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


ANTONIO CARLOS DOURADO
Avaliador Externo (UEL)


JULIO CESAR BASSAN
Avaliador Externo (UTFPR)

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Sebastião Ferreira, minha mãe Dirce Ferreira a minha noiva Ariane Bomfim e a minha irmã Kelly Gracy (In Memoriam)

Aos meus amigos de profissão e laboratório, familiares e as pessoas com quem convivi ao longo desses anos que me auxiliarem em mais esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sua benevolência em me guiado até este momento. Agradeço a minha noiva Ariane Bomfim por estar ao meu lado em todos os momentos desta etapa da minha vida. Aos meus pais Sebastião Ferreira e Dirce Ferreira por me dar todo suporte necessário e contribuição para chegar até aqui.

Aos meus avós por me hospedarem em sua residência, meus tios e familiares por todo apoio.

Ao meu orientador e amigo, Raul Osiecki, por sua ajuda e confiança na elaboração do trabalho, conversas e histórias de vida.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Alysson, Susana, Luana, Yuri, Juan, Thainara, José Moiano, Danilo (Venta), Carol, Poliana, Diogo Palumbo, Pamela Souza, Bruna, Ana, Cristina, M. Augusta, Ariel. Agradeço pela ajuda nas coletas, escrita de artigos, revisões de textos e conversas descontraídas.

Ao Rodrigo Waki, secretário do Programa de Pós-Graduação em Educação Física por seu excelente trabalho e ajuda.

Aos clubes, treinadores e atletas envolvidos no trabalho, por sua disposição de tempo e espaço, isso foi fundamental para realização dessa pesquisa.

Ao CNPQ/ CAPES pelo auxílio a pesquisa ao longo desses dois anos. (O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001)

*” Os dias são batalhas que a
vitória vai depender do seu foco, da
sua força e da sua fé”*

RESUMO

A identificação dos limiares de transição fisiológica, principalmente na natação, depende de métodos de difícil acesso e alto custo operacional, os quais dificultam a utilização e prescrição do treinamento para atletas de natação. Diversos estudos em diferentes modalidades têm investigado ferramentas para auxílio na identificação dos limiares transitórios por meio do limiar da percepção subjetiva de esforço. O objetivo do estudo é verificar a eficácia da utilização do limiar de percepção subjetiva de esforço na predição dos limiares de transição fisiológica – limiar de lactato – durante um teste progressivo em atletas de natação. Foram convidados a participarem do estudo 15 atletas do sexo masculino com valores médios de $16,26 \pm 1,48$ anos, peso $66,79 \pm 9,34$ kg, estatura $175,40 \pm 7,84$ cm e $9,67 \pm 3,06$ % de gordura, sendo eles nadadores com experiência em competições de nível estadual, nacional e internacional. Os atletas realizaram um protocolo de n° de 100m crawl em piscina de 25 metros onde a partir do seu melhor tempo de 100m (MT) foi acrescentado 25 segundos para o primeiro estímulo a ser nadado e os demais estímulos a partir do MT + 25 segundos tiveram um decréscimo de 4 segundos em cada estímulo até o atleta realizar seu MT, os atletas realizaram aproximadamente 8 estímulos todos com os intervalos em um tempo fixo de 2 minutos. Nos intervalos dos estímulos foram coletados as [La] e PSE pela escala de CR-10 de Borg. Foi utilizado o teste “t” de Student pareado para comparar as intensidades no LL e LPSE, a análise da relação entre os limiares foi feita através da correlação simples de Spearman e os gráficos de limites de concordância de Altman e Bland também foram utilizados para a análise de concordância entre os métodos, em todas as análises o nível de significância adotado foi de $p \leq 0.05$. Os resultados mostraram que o LPSE e LL identificados pelo método Dmáx ocorreram em intensidades próximas sem diferença significativas para o tempo ($p=0,54$), velocidade ($p=0,56$), e % da intensidade no MT ($p=0,21$), foram encontrados valores de correlações fortes e moderada para as variáveis tempo ($r=0,91$), velocidade ($r=0,93$), e % da intensidade no MT ($r=0,60$) com diferenças significativas na correlação ($p \leq 0,05$) e com concordância entre todas as variáveis. Os valores da [La] encontradas no LL foram de $4,30 \pm 1,09$ mmol.L⁻¹ e os valores de PSE no LPSE foram de $4,84 \pm 0,92$ U.A. De acordo com o estudo o LPSE pode ser considerado um bom estimador do LL em atletas nadadores em um teste progressivo máximo em piscina e os valores das [La] e de PSE nos limiares neste estudo corroboram com os valores que a literatura descreve.

Palavras-chave: Limiares de transição fisiológica, Percepção subjetiva de esforço, atletas de natação.

ABSTRACT

The identification of physiological transition thresholds, especially in swimming, depends on difficult access methods and high operational costs, which is hampered by the use and prescription of training for swimming athletes. Divers studies in different modalities have investigated tools to aid in the identification of transition thresholds through the threshold of the subjective perception effort. The objective of this study was to verify the efficacy of the use of the subjective perception threshold in the prediction of physiological transition thresholds - lactate threshold - during a progressive test in swimming athletes. Fifteen male athletes with mean values of 16.26 ± 1.48 years, weight 66.79 ± 9.34 , height 175.40 ± 7.84 and body fat $9.67 \pm 3.06\%$ were invited to participate in the study, being they swimmers with experience in competitions of state, national and international level. The athletes performed a protocol of 100m crawl in a 25 meters pool where from their best time of 100m (MT) was added 25 seconds for the first stimulus to be swum and the other stimuli from the MT + 25 seconds had a decrease of 4 seconds in each stimulus until the athlete performed their MT, the athletes performed approximately 8 stimuli all with the intervals in a fixed time of 2 minutes. In the stimulus intervals the [La] and PSE were collected by the Borg CR-10 scale. The paired Student's t-test was used to compare the intensities in the LL and LPSE, the analysis of the relationship between the thresholds was done through Spearman's simple correlation and the Altman and Bland concordance limits graphs were also used for the agreement analysis between methods, in all analyzes the level of significance was $p \leq 0.05$. The results showed that LPSE and LL identified by the Dmax method occurred at close intensities with no significant difference for time ($p = 0.54$), velocity ($p = 0.56$), and % of MT intensity ($p = 0.21$), strong and moderate correlations were found for time ($r = 0.91$), velocity ($r = 0.93$), and % of MT intensity ($r = 0.60$) with significant differences in correlation ($p \leq 0.05$) and concordance among all variables. The values of [La] found in the LL were $4.30 \pm 1.09 \text{ mmol.L}^{-1}$ and the PSE values in the LPSE were $4.84 \pm 0.92 \text{ U.A.}$ According to the study the LPSE can be considered a good estimator of LL in swimmers in a maximum progressive pool test and the values of [La] and PSE in the thresholds in this test corroborate with the literature describes.

Key words: Physiological transition thresholds, Subjective effort perception, swimming athletes.

LISTA DE TABELAS

TABELA 01- Categorias de idade da natação no Brasil.....	17
TABELA 02- Quadro comparativo de zonas de intensidade entre as escolas americana, russa e espanhola.....	24
TABELA 03- Escala de Borg Adaptada.....	37
TABELA 04- Características antropométricas da amostra.....	50
TABELA 05- Característica de treinamento e performance da amostra.....	50
TABELA 06 – Médias de intensidade, velocidade e % de intensidade no LPSE e LL.....	52
TABELA 07- Valores de lactato e PSE identificados nos limiares pelo método Dmax	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Antiga escala de Borg 6-20 para percepção de esforço.....	28
FIGURA 02- Escala de Borg de 15 pontos para percepção de esforço.....	29
FIGURA 03- Escala CR100 de Borg original sem adaptação.....	31
FIGURA 04- Escala CR10 de Borg original.....	32
FIGURA 05- Identificação do limiar da PSE pelo método D _{máx} PSE.....	41
FIGURA 06- Descrição do desenho da pesquisa.....	45
FIGURA 07- Descrição do protocolo progressivo adaptado de Keskinen, Komi, Rusko (1989) e tempo de intervalo das etapas do n de 100 metros.....	47
FIGURA 08- Escala de percepção subjetiva de esforço CR-10.....	49
FIGURA 09- Principal e o segundo principal estilo dos atletas participantes do estudo, característica de prova dos nadadores e participações em campeonatos.....	51
FIGURA 10- Gráficos de provas competitivas da amostra.....	52
FIGURA 11 - Gráfico da identificação do D _{máx} La e D _{máx} PSE nas velocidades.....	53
FIGURA 12 - Gráficos dos valores médio das [La] nas velocidades durante o protocolo de teste.....	54
FIGURA 13 - Gráficos dos valores médio de PSE nas velocidades durante o protocolo de teste.....	54
FIGURA 14 - Análises de correlação e concordância de Bland-Altman da intensidade em segundos encontrados pelo D _{máx} La e D _{max} PSE.....	56
FIGURA 15 - Análises de correlação e concordância de Bland-Altman da velocidade encontrados pelo D _{máx} La e D _{max} PSE.....	55
FIGURA 16 - Análises de correlação e concordância de Bland-Altman do % da intensidade encontrados pelo D _{máx} La e D _{max} PSE.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%VO₂ máx. – Porcentagem do consumo máximo de oxigênio

[La] - Concentração de lactato sanguíneo

CBDA- Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos

Dmáx. - Distância máxima

DmáxLa - Limiar de lactato pelo método Dmáx.

DmáxPSE - Limiar de percepção subjetiva de esforço pelo método Dmáx.

FC - Frequência cardíaca

Lan - Limiar anaeróbio

LL - Limiar de lactato

LPSE- Limiar da percepção de esforço

LTs - Limiares de transição fisiológica

LV - Limiar ventilatório

ME- Estimação da magnitude

OBLA - *Onset of blood lactate accumulation*

PDFC - Ponto de deflexão da frequência cardíaca

PSE - Percepção subjetiva de esforço

SNC- Sistema nervoso central

S-R – Estimulo resposta

VO₂ - Consumo de oxigênio

U.A. – Unidades arbitrárias

TR – Tempo realizado

TP – Tempo programado

VR – Velocidade realizada

VP – Velocidade programada

% IR no MT - % da intensidade realizada pelo melhor tempo

% IP - % da intensidade programada

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3.	HIPÓTESES A SEREM TESTADAS.....	17
4.	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA SOCIAL	17
5.	ANTECEDENTES CIENTÍFICOS.....	19
5.1	NATAÇÃO COMPETITIVA	19
5.2	LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA.....	20
5.2.1	LIMIAR TRANSITÓRIO	20
5.2.2	LIMIAR DE LACTATO	20
5.2.3	PRIMEIRO LIMAR DE LACTATO	23
5.2.4	SEGUNDO LIMAR DE LACTATO.....	24
5.2.5	TREINAMENTO COM BASE NO LIMAR.....	25
5.3	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE).....	28
5.3.1	ESCALA DE 6 A 20.....	29
5.3.2	ESCALA CR 100.....	31
5.3.3	ESCALA CR 10.....	34
5.3.4	UTILIZAÇÃO DAS ESCALAS CR.....	35
5.3.5	INSTRUÇÕES DE USO DA ESCALA DE CATEGORIA.	36
5.3.6	PSE E RESPOSTAS AO EXERCÍCIO	37
5.3.7	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO NA NATACÃO	39
5.4	DMÁX PSE.....	42
6.	MATERIAIS E MÉTODOS	45
6.1	CARACTERÍSTICA DA PESQUISA	45
6.2	CONTATO COM OS PARTICIPANTES E LOCAL DA PESQUISA.....	45
6.3	CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA.....	45

6.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	46
6.5	DESENHO DA PESQUISA	46
6.6	INSTRUMENTOS DE MEDIDAS E AVALIAÇÕES E FONTES DOS MATERIAIS DE PESQUISA	48
6.6.1	AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA.....	48
6.6.2	MATURAÇÃO SEXUAL MORFOLÓGICA.....	49
6.6.3	PROTOCOLO DO TESTE PROGRESSIVO N DE 100 METROS	49
6.6.4	DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA.....	50
6.7	ANÁLISE DOS DADOS	52
7.	RESULTADOS	53
8.	DISCUSSÃO	59
9.	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	APÊNDICE	88
	ANEXO	92

1. INTRODUÇÃO

Uma das formas de acompanhar o treinamento e prever a performance esportiva é por meio dos limiares de transição fisiológica (LTs) (QUITTMANN *et al.*, 2018). A identificação de limiares de transição fisiológica por meio da curva das concentrações sanguíneas de lactato [LA] tem sido sugerida por diversos autores em função da intensidade/tempo em testes progressivos (FORSYTH, *et al.*, 2017; BERG *et al.* 1990; HECK, *et al.* 1985). Quando se trata dos limiares de transição, pode-se observar o comportamento de medidas fisiológicas, como o lactato sanguíneo durante o exercício, com aumento de carga em função do tempo. (BENTLEY *et al.*, 2001).

São dois os limiares de lactato (LL): o primeiro limiar de lactato (LL₁) caracteriza-se como o momento no qual a intensidade do exercício apresenta o começo da produção de lactato sanguíneo (HAGBERG; COYLE, 1983) ou o primeiro aumento do lactato sanguíneo em teste progressivo (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Esse termo pode ser utilizado para definir o primeiro limiar de transição (LT₁) ou limiar aeróbio (LAe) (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). O segundo limiar de lactato (LL₂) ocorre quando determinada intensidade do exercício aponta um máximo estado estável de lactato no sangue (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003) ou segundo acréscimo no lactato sanguíneo (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), sendo possível utilizar esse termo para definir o segundo limiar de transição (LT₂) ou o limiar anaeróbio (LAN).

A percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido usada alternativamente na identificação dos LTs (ZAMUNÉR *et al.*, 2011). Existe uma forte relação entre os limiares de transição fisiológica (LT) e valores da percepção subjetiva de esforço, o qual tem possibilitado o reconhecimento desses limiares a partir de escores fixos de PSE (KANG *et al.*, 2003; FAULKNER; ESTON, 2008; ZAMUNÉR *et al.*, 2011; SCHERR *et al.*, 2013). De acordo com Robertson; Noble (1997), a PSE pode ser definida como uma subjetiva intensidade do esforço, tensão, desconforto e/ou fadiga durante o exercício.

Para monitoramento da intensidade do exercício, têm se utilizado o esforço percebido em diferentes intensidades do exercício avaliado a partir das escalas de PSE (BORG, 1962; BORG; KAIJSER, 2006; ESTON, 2009; ESTON, 2012). Devido ao baixo custo operacional (BORG, 1998; PINHEIRO, VIANA E PIRES 2014), fácil aplicação e por fornecer informações a respeito da intensidade de ocorrência dos limiares, a PSE se inclui em um conjunto de ferramentas de grande importância no contexto esportivo. Na natação

estudos atuais têm utilizado diferentes escalas de percepção de esforço. Dentre elas Borg 6-20 (KARAVATAS, TAVAKOL, 2005; SUZUKI *et al.*, 2007; PSYCHARAKIS, 2011; ZACCA *et al.*, 2016; CLEMENTE-SUÁREZ, ARROYO-TOLEDO 2017; GUIGNARD *et al.*, 2017; PENNA *et al.*, 2017; SCHNITZLER *et al.*, 2018) e CR-10 (INVERNIZZI *et al.*, 2014; DE ANDRADE NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Proposto por diversos autores em diferentes estudos (CHENG *et al.* 1992; FABRE *et al.* 2013; FERREIRA *et al.* 2014; CONDE *et al.* 2014), o método D_{máx} vem sendo utilizado na identificação dos limiares de transição fisiológica. Cheng *et al.* (1992) utiliza, em seu estudo, esse método matemático para determinação do limiar de lactato e do limiar ventilatório em ciclistas do sexo masculino, durante dois testes incrementais. Fabre *et al.* (2013), com o objetivo de testar a hipótese de que o método D_{máx} poderia ser aplicado junto a PSE, propõe um novo método para detecção do limiar de lactato usando a percepção subjetiva de esforço durante um teste incremental até a exaustão em indivíduos ativos.

Em outros estudos, Conde *et al.* (2014) buscou identificar o limiar de lactato (LL) e o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) pela curva de esforço percebido (D_{máx}PSE) em indivíduos ativos, assim como Ferreira *et al.* (2014) avaliou o efeito de uma dieta reduzida em carboidratos sobre a curva de percepção de esforço (D_{máx}PSE) durante um teste incremental, em nove indivíduos ativos do sexo masculino. Desta forma, o método D_{máx} aparenta ser uma boa ferramenta na identificação de limiares de transição fisiológica, quando utilizado com a PSE, valores de lactato e PDFC.

Alguns estudos utilizaram a PSE em testes físicos e prescrição de intensidade em diferentes modalidades de exercício e diferentes populações. Sendo em crianças e adultos (ESTON, 2009; FAULKNER; ESTON, 2008), ciclistas e corredores (KANG *et al.*, 2003), indivíduos treinados e destreinados (SCHERR *et al.*, 2013), atletas de endurance (FERREIRA *et al.*, 2015), em indivíduos homens ativos (FERREIRA *et al.*, 2014) e em atletas de natação (DE ANDRADE NOGUEIRA *et al.*, 2016). Entretanto, é necessária maior investigação em relação ao uso da PSE na identificação do limiar de lactato em atletas de natação. Desta forma este estudo procurará elucidar a seguinte questão de pesquisa: É possível utilizar o limiar da PSE para predição do limiar de lactato em nadadores?

2. OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a eficácia da utilização do limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE) na predição dos limiares de transição fisiológica (LTs) – limiar de lactato (LL)– durante um teste progressivo em atletas de natação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a intensidade de ocorrência do limiar da percepção subjetiva de esforço (LPSE) durante um teste progressivo na natação.
- Identificar a intensidade de ocorrência do limiar de lactato (LL) durante um teste progressivo na natação.
- Averiguar a associação entre o LPSE e o segundo limiar de lactato durante um teste progressivo na natação.

3. HIPÓTESES A SEREM TESTADAS

As hipóteses a serem testadas são:

H₀: A intensidade de ocorrência do limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE) não é semelhante à intensidade de ocorrência do limiar de lactato (LL) *i.e.*, não há consistência na utilização do LPSE para a identificação do limiar de transição fisiológica (LT) em atletas de natação durante um teste progressivo, já que foram encontradas diferenças significativas.

H₁: O LPSE poderá ser identificado em momento similar ao limiar de Lactato D_{máx} (terminologia utilizada para a maior diferença entre valores ajustados por um ajuste polinomial de 3º ordem e um ajuste linear unindo os extremos, a partir da curva de esforço percebido em função da intensidade durante o teste progressivo) em atletas de natação, sendo um indicador do LL.

H₂: O LPSE está associado aos LLD_{máx}, em atletas de natação, sendo um indicador de LL.

4. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA SOCIAL

Considerada como um esporte global, a natação foi uma das modalidades em que o Brasil mais cresceu no âmbito internacional em campeonatos mundiais e olímpicos nos últimos dez anos (COB, 2015). Junto a esse crescimento é observado uma carência de

padrões científicos na aplicação do treinamento em diferentes esportes (BARBANTI, TRICOLI, UGRINOWITSCH, 2004) e também na natação devido à grande distância entre a união de quesitos científicos e práticos.

Avaliações biomecânicas e fisiológicas são indispensáveis para um controle da aplicação e adaptação das cargas de treinamento, assim como para a análise precisa da condição física do atleta. A maior parte dessas avaliações são invasivas e/ou de alto custo e/ou inacessíveis para muitas equipes em diferentes esportes. (SILVA *et al.*, 2005; DE OLIVEIRA MELO *et al.*, 2010; JOTTA DACOSTA, 2016; SIMÕES *et al.*, 2017)

Desta forma protocolos de testes não invasivos na identificação de limiares, têm sido objetivo de investigações em diferentes esportes (FERREIRA *et al.*, 2015) como na natação (PAPOTI^a *et al.*, 2005; INVERNIZZI *et al.*, 2014; ZACCA *et al.*, 2016; PENNA *et al.*, 2017). A elaboração de técnicas de baixo custo e de forma não invasiva, como a velocidade crítica (VC) (FRANKEN, ZACCA, CASTRO, 2011; MATOS DA COSTA, COSTA, ALMEIDA MARINHO, 2015; PIATRIKOVA *et al.*, 2018) e FC (DI MICHELE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013; PELARIGO^b *et al.*, 2017), podem ser uma considerável ferramenta na avaliação de atletas de natação buscando a identificação dos limiares de lactato.

Com o aprimoramento da natação em âmbito competitivo, pesquisadores e treinadores têm buscado a prescrição do treinamento a partir de métodos de valor financeiro econômicos, eficazes e de fácil aplicabilidade dentro e fora do ambiente aquático (GIROLD *et al.* 2007). Dentre estes pode ser citado o método de impulso de treinamento (TRIMP) (GARCÍA-RAMOS *et al.*, 2015), e prescrição da carga de treinamento pela FC (GRAEF, KRUEL, 2006; FULTON, *et al.*, 2010)

Na avaliação de atletas nadadores e controle de carga de treinamento, a PSE tem sido reportada em diversos estudos. Sua validade ecológica tem mostrado relação com diferentes variáveis principalmente com a FC na avaliação de carga interna do treinamento na natação (WALLACE, SLATTERY, COUTTS, 2009), com lactato em testes máximos (SUK, YU, SHIN, 2016), VO₂ (CHOI *et al.*, 2000) e velocidade crítica (ZACCA *et al.* 2016; NEIVA *et al.*, 2017), entretanto, na literatura há uma escassez do uso da PSE como preditora do limiar de lactato em nadadores. Desta forma, considerando a PSE como uma variável utilizada para testes e prescrição de treinamento e por se tratar de um indicador subjetivo da intensidade durante o exercício, prática aplicação manual, fácil manuseio e entendimento por parte dos atletas, técnicos e praticantes de natação, poderá

ser um importante instrumento na prescrição do treinamento na natação como estimadora do limiar de lactato em nadadores pelo método Dmax.

5. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

5.1 Natação competitiva

A natação, segundo Platonov (2005), encontra-se entre as modalidades mais populares e difundidas do mundo. Seis variações ou agrupamentos de provas compõem esta modalidade: nado livre, nado costas, nado peito, nado borboleta, medley e revezamento. O nado crawl evoluiu com a finalidade de ser o mais rápido dos quatro estilos de competição. Um ciclo deste estilo equivale a uma braçada esquerda e uma direita e um número variável de pernadas, dependendo da estratégia competitiva, ritmo do atleta, e metragem de prova (MAGLISCHO, 2010).

Assim como a maioria dos esportes em todo o mundo, os nadadores são agrupados por faixa etária (Tabela 1). No Brasil, desde 1993 existe essa divisão, quando a Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA) alterou as terminologias e as faixas de idade para manter-se semelhante ao formato europeu (PAULISTA, 2017).

Tabela 01: Categorias de idade da natação no Brasil

Categoria	Idade
Pré-mirim	até 8 anos
Mirim 1	9 anos
Mirim 2	10 anos
Petiz 1	11 anos
Petiz 2	12 anos
Infantil 1	13 anos
Infantil 2	14 anos
Juvenil 1	15 anos
Juvenil 2	16 anos
Junior 1	17 anos
Junior 2	18 e 19 anos
Sênior	20 anos em diante

A estrutura da atividade competitiva junto com a da preparação desportiva de atletas nas últimas décadas, principalmente na natação, foi ampliada com um grande número de dados científicos e auxílio da ciência no esporte, como bioquímica

(MORGADO *et al.*, 2018), biomecânica (MOONEY *et al.*, 2015) e fisiologia do esporte (COSTA *et al.*, 2015; CLEMENTE-SUÁREZ, 2017)

Uma elevada importância passou a ser dedicada a outros fatores da preparação, como a preparação nutricional e psicológica. Informações precisas acerca dos componentes básicos da atividade competitiva, como o papel de cada um desses componentes e de sua inter-relação no alcance dos melhores resultados desportivos, concederam organizar e sistematizar, de forma significativa, todo processo de preparação, principalmente no cenário competitivo (PLATONOV, 2005).

5.2 Limiares de transição fisiológica

5.2.1 Limiar transitório

Os limiares de transição fisiológica têm sido investigados na área da fisiologia do exercício, principalmente quando identificados pela curva de lactato sanguíneo e também a partir de protocolos não invasivos, como auxílio da PSE (ARNOLD, 2015; HERING *et al.*, 2018). A ideia de limiares de transição deriva do comportamento de medidas fisiológicas, como lactato sanguíneo obtidas durante exercício com incremento de carga em função do tempo. As respostas destas variáveis frente a um exercício progressivo possibilitam a identificação de dois limiares de transição fisiológica (LT): primeiro LT (LT1) e segundo LT (LT2) (WASSERMAN, 1972; GAESSER; POOLE, 1996).

Ao passar dos anos, algumas nomenclaturas foram sugeridas ao que se refere ao primeiro e segundo LT. Para o primeiro LT, inclui-se termos como limiar de metabolismo anaeróbio (WASSERMAN; MCILROY, 1964), limiar láctico (DAVIS *et al.*, 1976), limiar aeróbio (KINDERMANN; *et al.*, 1979), limiar ventilatório 1 - LV1 (ORR *et al.*, 1982) ou limiar de lactato (HAGBERG; COYLE, 1983). E, em relação ao segundo LT, este pode ser compreendido por limiar aeróbio-anaeróbio (MADER; HECK; HOLLMANN, 1978), *Lan* (KINDERMANN *et al.*, 1979), limiar anaeróbio individual (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981), início do acúmulo de lactato no sangue (*onset of blood lactate accumulation* - OBLA) (SJÖDIN; JACOBS, 1981), limiar ventilatório 2 - LV2 (ORR *et al.*, 1982) ou potência crítica (MATURANA, *et al.*, 2017).

5.2.2 Limiar de Lactato

O controle da concentração de lactato sanguíneo tem sido utilizado nas últimas décadas para controlar o rendimento de desportistas (BROOKS, 2001; DOMAGALA, 2001; QUITTMANN *et al.*, 2018). A prescrição do treinamento na natação com base na lactacidemia está correlacionada entre a produção de lactato, metabolismo energético e a velocidade do nado. Esta relação é determinada pela capacidade do atleta em utilizar as vias metabólicas aeróbias e anaeróbias durante o exercício (HOLLMAN, 2001; JACINTA, RODNEY, MARK, 2000).

Anteriormente pensava-se que o lactato era um subproduto produzido do metabolismo anaeróbio, atualmente sabe-se que ele é formado a partir de condições aeróbias. O tamponamento entre a produção e remoção do lactato apresenta pelo menos três funções nas células: (1) fonte principal de energia, (2) principal precursor gliconeogênico, e (3) sinalização de moléculas. O conceito do transporte do lactato é amplamente discutido, pois o lactato parece ter um papel muito importante nas funções oxidativos, substratos gliconeogênicos e também na sinalização celular. Na medicina, a elevação do lactato sanguíneo correlaciona-se com a gravidade da doença ou lesão, no entanto com a teoria do transporte de lactato tem se acreditado que o aumento da lactacidemia é mostrado como um biomarcador tensão e não de stress. Estudos clínicos estão utilizando lactato para tratar condições pró-inflamatórias e fornecer combustível ideal para os músculos em atividade na medicina esportiva (BROOKS, 2018).

Devido o papel importante do lactato no metabolismo e no exercício, pesquisadores e fisiologistas tentam distinguir os efeitos separados dos ânions de lactato e íons de hidrogênio no desempenho muscular. O autor Brooks (2018) descreve que o trabalho celular estimula a glicólise e também ânions lactato na formação de prótons, mas há uma persistente controvérsia em relação a um questionamento se a glicólise produz lactato ou ácido láctico. Além disso, há uma controvérsia similar colocando em questão se anion de lactato ou acúmulo de prótons interfere com o mecanismo de contração muscular sendo causador da fadiga. No entanto fica evidente que glicólise é importante para a geração de energia muscular, e o lactato fornecedor de fonte de combustível para geração de energia. Outro fator importante a se considerar é que o lactato e o ácido láctico podem impedir a acumulação de K^+ fora da célula interfira nas ações dos canais de Na^+ durante o trabalho muscular. Desta forma considera-se que o aumento lactato e queda do pH no músculo durante o trabalho muscular dão evidência de distúrbios da homeostase metabólica (ácido / base) durante o trabalho muscular que leva ao término do esforço (DE PAOLI, 2007).

Por volta dos últimos 40 anos, algumas maneiras de identificação de uma intensidade submáxima de esforço representativa da transição têm sido utilizadas entre intensidades predominantes aeróbias e intensidades que exigem maior participação da rota metabólica glicolítica anaeróbia (BROOKS, 2012). Sabe-se que não existe um limiar preciso, as relações entre lactato sanguíneo, lactato muscular, equilíbrio ácido-básico e ventilação na maioria das vezes não são constantes para predizer uma boa relação de causa e efeito. Porém, acidose metabólica, hiperventilação e lactato sanguíneo têm implicações importantes em termos de percepção de esforço, mecanismos de controle, utilização de substratos energéticos (FERGUSON *et al.*, 2018)

Em geral, o limiar de lactato (LL) é determinado por meio de teste com progressão de carga. No decorrer do teste, o lactato produzido é quase completamente removido de maneira que sua concentração no sangue se mantenha baixa. Ao decorrer o aumento da intensidade a produção de lactato excede a remoção, resultando no aumento exponencial na concentração sanguínea até o máximo que o indivíduo pode suportar (SVEDAHL e MACINTOSH 2003).

Para determinar os dois limiares a partir de curvas lactacidêmicas, três abordagens teóricas vêm sendo utilizadas: 1) a adoção de concentrações fixas de lactato e interpolação dos resultados (GOMES, 2009); 2) utilização de modelos matemáticos para análise lactacidêmica (PALLARÉS *et al.*; 2016; FORSYTH *et al.*, 2017; ELMER, TONEY, 2018); e 3) quebras na curva de lactato por meio de análise visual (DA FONSECA *et al.*, 2016). Ao observar as respostas da concentração de lactato sanguíneo, a carga de esforço - em estado de equilíbrio - com uma concentração fixa de 2mM, alguns autores utilizam para representar o primeiro limiar de lactato, e a concentração de 4mM para representar o segundo limiar de lactato (GOMES, 2009).

Por meio de análise de lactato sanguíneo, pode ser estimado relativas contribuições do metabolismo energético aeróbio e anaeróbio, sendo estes, o limiar de lactato (LL) (OLIVEIRA *et al.*, 2016; ADELINO *et al.*, 2017), estado estacionário máximo de lactato (MLSS) (PELARIGO^a *et al.*, 2017; PELARIGO^b *et al.*, 2017) e/ou limiares de lactato fixos (GARCIA-TABAR *et al.*, 2017). A maioria dos modelos de limiares responde a partir de dois pontos de interrupção metabólica observáveis durante o exercício incremental: (1) ponto em que as concentrações de lactato começam a subir acima dos níveis de referência e (2) o ponto de maior intensidade em que a produção e remoção de lactato estão em equilíbrio.

5.2.3 Primeiro limiar de lactato

Desde a sua descoberta o lactato tem sido erroneamente citado como produto de resíduos hepóxicos causador de efeitos deletérios no organismo, no entanto, sabe-se atualmente que esse conceito foi desmistificado. A literatura descreve que o lactato não é responsável pela fadiga muscular. Estudos com modelos atuais sobre fadiga citam o estresse térmico, a osmolaridade plasmática, a disponibilidade de substratos, acúmulo de produtos do metabolismo celular e lesão muscular como alguns dos fatores capazes de aumentar a sensação de fadiga (BILLAT *et al.*, 2003). O lactato exerce funções importantes no metabolismo energético, dentre eles a sinalização muscular durante o exercício. Ele também pode considerado como um substrato de energia importante, que é prontamente utilizado por vários tecidos ao longo do corpo e não se limita a condições anaeróbias. (HALL *et al.*, 2016)

Embora o limiar de lactato possa ser um instrumento útil para a avaliação de um grupo de atletas e também para prever e monitorar a performance, a infidelidade de técnicas de medição do limiar de lactato tradicional pode limitar a sua aplicabilidade para o indivíduo atleta. Apesar de o lactato não ser mais visto como o fator predominante para o desenvolvimento da fadiga, ele é de fato um bom indicador das condições metabólicas que podem induzir a acidose. Contudo, é possível constatar uma intensidade do exercício a partir da qual a [La] aumenta exponencialmente apresentando uma alta correlação com o desempenho em exercícios de característica aeróbia (MENDES *et al.*, 2013).

A palavra “limiar” de intensidade foi utilizada por Oweles (1930), em um estudo que avaliou dois sujeitos em teste de cargas constantes de caminhada e ciclo ergômetro em diferentes dias e intensidades. Observou-se que, em baixa intensidade, as concentrações de lactato ([La]) se mantinham constantes, mas, em alta intensidade, havia um aumento nas [La]. A princípio, o autor compreendeu este resultado como ausência do aporte de oxigênio para a musculatura esquelética. Wasserman e McIlroy (1964) realizaram um dos primeiros estudos sobre LL e possivelmente, tenham sido pioneiros na definição de termos como aeróbio-anaeróbio, utilizados para delimitação de rotas metabólicas.

O limiar de lactato é identificado na intensidade do exercício que ocorre o início da produção de lactato sanguíneo. Esta identificação pode ter diversas nomenclaturas, dentre elas, limiar de metabolismo anaeróbio (WASSERMAN; MCILROY, 1964), limiar

lático (DAVIS *et al.*, 1976), limiar aeróbio (KINDERMANN; *et al.*, 1979), OBLA (Início do acúmulo de lactato no plasma sanguíneo) (FARRELL *et al.*, 1979), limiar ventilatório 1 (LV1) (ORR *et al.*, 1982) e LL (HAGBERG; COYLE, 1983).

5.2.4 Segundo limiar de lactato

Um segundo ponto de ruptura na curva formada pelo lactato sanguíneo em teste incremental foi relatado por Skinner e Mclellan (1980). Os autores foram os primeiros a descrever o segundo limiar de lactato (LL₂). No decorrer do estudo, foi observado dois pontos de ruptura nas concentrações de lactato, um primeiro aumento dessas concentrações em associação aos valores de repouso, 1mmol.l-1 (i.e. LL₁), e um segundo aumento ~ 2,5 mmol.l-1 (i.e. LL₂). O LL₂ aparenta representar a intensidade do exercício em que a taxa de produção excede a remoção do lactato sanguíneo durante o esforço.

O LL₂ pode ser identificado na intensidade do exercício que caracteriza a maior intensidade do exercício no momento em que houver um equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo durante teste progressivo (KINDERMANN *et al.*, 1979; SJODIN; JACOBS, 1981; SMITH; JONES, 2001), e poderá estar relacionado à máxima fase estável de lactato (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Dentre algumas metodologias utilizadas na identificação do LL₂, as mais usuais são o uso das concentrações fixas de 4 mmol.l-1 (LL₄) (BENTLEY *et al.*, 2001, GARCIA-TABAR *et al.*, 2017), o limiar anaeróbio individual (IAT) (BALDARI; GUIDETTI, 2000), LV₂ e limiar de lactato Dmáx (LLdmáx) (CZUBA *et al.*, 2009; PALLARÉS *et al.*, 2016; FORSYTH *et al.*, 2017; ELMER, TONEY, 2018).

Na natação, alguns métodos têm sido propostos para encontrar o LL₂. Hoefelmann *et al.*, (2011) em seu estudo compara diferentes métodos de determinação do limiar anaeróbio, sendo estes: referente a 4 mmol.L⁻¹ (LL_{4mMol}) por interpolação linear entre as concentrações imediatamente abaixo e acima de 4 mM e suas respectivas velocidades, predição do lactato mínimo a partir da performance nos 700m ($LA_{min_{equação}} = 1,015 \cdot V_{700} \text{ (m/min)} - 5,025$) o qual aplicou-se uma fórmula proposta por Simões *et al.* (2000); para VC utilizou o tempo de *performances* nas distancias de 200, 400 e 700m na piscina sendo determinada por meio do coeficiente angular da reta de regressão linear entre as distâncias e os respectivos tempos obtidos em cada repetição, por meio de uma equação e do protocolo de 30 minutos, os atletas foram submetidos a um teste de *endurance* com duração de 30 minutos na velocidade referente ao LL_{4mMol}, determinado no protocolo de 3x400m com objetivo de identificar os nadadores que apresentaram estabilidade na

resposta do lactato sanguíneo. Com base nos resultados, pode-se concluir que ambos os protocolos indiretos (VC e $LA_{min_{equação}}$) são válidos para a predição da velocidade correspondente ao LL_{4mMol} , práticos e de baixo custo financeiro para serem utilizados na avaliação da capacidade aeróbia de nadadores moderadamente treinados.

Apesar de diferentes métodos para identificação dos limiares como por exemplo testes de longo período de tempo (ESPADA *et al.*, 2015) ou teste com determinação de velocidades a ser nadada (MATOS DA COSTA, COSTA, ALMEIDA MARINHO, 2015; PIATRIKOVA *et al.*, 2018), os mais utilizados são os testes incrementais (PAPOTI *et al.*, 2013; DE JESUS *et al.*, 2015; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; PELARIGO^a *et al.*, 2017; DE BARROS SOUSA *et al.*, 2017) devido a resposta lactacidêmica obtida em protocolos incrementais, que é uma variável muito utilizada para prescrição da intensidade do exercício em modalidades esportivas cíclicas de predominância aeróbia e parece ser a melhor variável para identificar a apropriada intensidade do exercício principalmente na natação (WELTMAN, 1995).

5.2.5 Treinamento com Base no limiar

Mader, Heck & Hollmann (1978), iniciaram estudos acerca de uma teoria de *endurance training*, considerado um método diferenciado, porém muito utilizado. Os autores demonstram uma diferença entre a teoria de *endurance training* e as mais antigas. Eles argumentavam que a *endurance* aeróbia poderia ser otimizada de forma mais adequada pelo treinamento em velocidades nas quais o metabolismo aeróbio ficasse sobrecarregado, contanto que o metabolismo anaeróbio não estivesse ocorrendo em uma faixa elevada. Por decorrência disso, o termo limiar anaeróbio ficou associado a essa teoria. Mader, Heck & Hollmann (1978) acreditavam que a *endurance* aeróbia poderia ser melhorada com maior rapidez possível, e com a menor probabilidade de haver supertreinamento, quando os atletas nadassem no limiar anaeróbio. (MAGLISCHO, 2003)

O termo limiar anaeróbio foi uma escolha incerta para esse fenômeno, ela passava uma ideia contrária da pretendida por Mader, Heck & Hollmann, (1978). Indivíduos que não tem um conhecimento profundo deste acontecimento fisiológico/bioquímico geralmente interpretam erroneamente, acreditando que os atletas precisam treinar em velocidades na qual o metabolismo está predominantemente anaeróbio. Portanto, neste sentido, a velocidade ideal sugerida era na qual o metabolismo anaeróbio tem seu início, contudo sabe-se que o ideal é a realização do treinamento com predominância no final da capacidade aeróbica.

O limiar anaeróbio quer dizer que realmente a velocidade na qual o metabolismo aeróbio e os mecanismos de remoção do lactato estão sendo operados numa capacidade perto da máxima; podendo significar também que não está ocorrendo um acúmulo de lactato nos músculos com rapidez suficiente para gerar acidose metabólica (MAGLISCHO, 2003). A avaliação do limiar anaeróbio em um atleta tem uma importância notável, uma vez que esse parâmetro pode ser utilizado por treinadores para estabelecer uma referência das zonas individuais do treinamento e suas intervenções (SVEDAHL, MACINTOSH, 2003).

Platonov (2005) retrata as zonas de treinamento como zona I para característica de baixa capacidade aeróbia, zona II como predominância aeróbia, zona III com uma característica aeróbia e anaeróbia, zona IV anaeróbia láctica e zona V anaeróbia aláctica. Caracterizando pela FC, a zona I está associada a um batimento de 140 – 159 bpm, zona II 160 – 179 bpm, zona III acima de 180 bpm, zona IV acima de 190 bpm. O mesmo autor faz uma comparação das zonas de intensidade de treinamento, associadas à concentração de lactato sanguíneo e FC onde são representados na tabela 02 como um quadro comparativo das escolas americana, russa e espanhola.

Tabela 02: Quadro comparativo de zonas de intensidade entre as escolas americana, russa e espanhola.

Zonas de treinamento	Concentração de lactato sanguíneo	FC
EN1(A1)	1 à 3 mMol/L	120 - 140 bpm
ZONA I	1,5 a 4 mMol/L	140 - 150 bpm
AERÓBIO LIGEIRO	2 à 3 mMol/L	150 bpm
EN2 (A2)	3 à 5 mMol/L	130 - 170 bpm
ZONA II	4 à 6 mMol/L	160 - 179 bpm
AERÓBIO MÉDIO	3 à 4 mMol/L	150 - 170 bpm
EN3 (A3)	4 à 8 mMol/L	160 - 180 bpm
ZONA III	> 6,1 mMol/L	> 180 bpm
AERÓBIO INTENSO	5 à 6 mMol/L	> 170 bpm

Fonte: Arnold, 2015.

Estudos acerca do treinamento de natação com base nos limiares mostram que o limiar anaeróbio na natação é considerado um bom índice fisiológico para a prescrição de treinamento e que o comportamento das concentrações de lactato sanguíneo apresenta-

se em diferentes intensidades de esforço na natação. Machado *et al.* (2011) em seu estudo o qual o objetivo determinou o efeito de 12 semanas de treinamento na velocidade crítica e no máximo de lactato estável estado de nadadores de elite demonstra que 12 semanas de treinamento foram suficientes para promover um aumento da velocidade crítica. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas na velocidade do lactato máximo estado estável antes e após o treinamento, a diminuição da concentração média de lactato após treinamento demonstrou maior eficiência do sistema aeróbio, levando a menos desgaste aos atletas durante os testes.

O objetivo de treinar com base no limiar é aumentar a velocidade do nado. Com o aumento na taxa de anaerobiose o metabolismo oferece energia aos músculos mais rapidamente. Essa taxa pode ser aumentada pelo aumento da atividade de certas enzimas que acontecem nas primeiras 11 fases da glicólise, onde o glicogênio muscular é quebrado a ácido pirúvico e íons H^+ . Particularmente esta reação irá acontecer após os primeiros 10 a 15 segundos do estímulo, quando o suprimento de creatina fosfato diminuiu. A maior produção de lactato no treinamento de natação é mais comumente em estímulos de velocidade de 50 e 100 metros e as melhores metragens de piscina para realizar esses estímulos são de 25 a 50 metros de comprimento. Essas distâncias são longas o suficiente para estimular altas taxas de lactato quando realizadas em velocidade máxima o qual acidose irá diminuir a capacidade de manter o estímulo em velocidade do limiar anaeróbio. O treinamento com base no limiar pode ser realizado em pequenas quantidades todos os dias no objetivo de o atleta melhorar essa tolerância a acidose. Os intervalos de descanso devem ter de 1 a 3 minutos de duração para permitir remoção do lactato para repetições subsequentes. O autor descreve que três a quatro séries semanais desse estímulo é suficiente para produzir o efeito desejado (MAGLISCHO, 1997).

A relação entre a intensidade de exercício e o lactato sanguíneo tem sido uma ferramenta na avaliação de atletas de diversas modalidades, como no ciclismo (FERREIRA *et al.*, 2018), *wrestling* (PAPASSOTIRIOU, NIFLI, 2018), Basquete (MOLIK *et al.*, 2017) e também em nadadores (FERREIRA *et al.*, 2016; CZUBA *et al.*, 2017). Ao entender a cinética do lactato em resposta ao exercício, Brooks (2012) mostra que o aumento desproporcional do lactato indica que a taxa da sua produção excede à da remoção, e que uma taxa imediatamente abaixo do ponto de inflexão da curva de concentração de lactato sanguíneo ($[La]$) x intensidade de exercício indica o ponto ideal para o treinamento aeróbio, sendo denominado “limiar anaeróbio”.

5.3 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)

O monitoramento do lactato sanguíneo durante o treinamento diário e em competições pode ser um fator problemático devido seu custo associado à coleta de sangue em múltiplas amostras. Alternativamente, pesquisas mostram a associação entre avaliações com a PSE e concentrações de lactato sanguíneo em diferentes modalidades, corrida (WIEWELHOVE *et al.*, 2016), Triatlão (POTGIETER, WRIGHT, SMITH, 2018), Taekwondo (TAYECH *et al.*, 2018) e corrida de montanha (BELINCHON-DEMIGUEL, CLEMENTE-SUÁREZ, 2018).

O conceito de esforço percebido foi introduzido juntamente com métodos para medir o esforço percebido em geral, a falta de ar e a fadiga localizada, e adiante, tomaram por continuidade vários estudos científicos e aplicações clínicas relacionadas a ergonomia e ao esporte. Borg e Dahlstorm, na década de 1950, realizaram as primeiras formulações do problema e de estudos piloto, dando origem ao conceito de esforço percebido. Experiências como falta de ar, esforço, dores nos músculos trabalhados, fadiga e sensação de calor auxiliaram na compreensão do conceito (BORG, 2000).

Nos anos 60 Borg criou uma escala para monitorar a intensidade do esforço físico (BANISTER, 1979; MARKS E GESCHIEDER, 2002). Em 1970 (BORG, 1970) o mesmo autor realizou uma pesquisa que determinava a classificação da ancoragem em palavras como fraco, médio e forte esforço. O primeiro estudo sobre a escala de Borg aconteceu em 1961, após esta investigação, diversos autores publicaram várias pesquisas mostrando a eficácia da escala de Borg para identificar a PSE (FRANKENHAEUSER *et al.*, 1969; ESTON, 2012; FINKELSTEIN, 2012) mostrando uma relação linear de variáveis fisiológicas VO_2 , $[\text{La}]$ e FC durante um exercício aeróbico ou na realização de um exercício de força com a escala de Borg (PANDOLF, 1978; ESTON e WILLIAMS, 1986; ZAMUNÉR *et al.*, 2011). Desta maneira comprovou-se que a escala de Borg é precisa no monitoramento da intensidade do exercício por meio da PSE.

Em 1982, Borg por meio de um artigo de revisão mostrou que a escala pode ser utilizada para prescrever a intensidade nos esportes e na reabilitação física. Da mesma forma, o colégio Americano de Medicina do Esporte em maio de 1988 relatou que é possível prescrever o treino para um indivíduo sem realizar um estudo de campo, e também informou que a PSE e o limiar de lactato aumentam linearmente ao longo do

exercício, recomendando a prescrição da intensidade da sessão do exercício pela escala de Borg de 15 categorias (BRANDÃO *et al.*, 1989).

Em relação ao histórico de criação das escalas, inicialmente Borg criou a Escala de Esforço Percebido de 0 a 20 pontos (BORG, 1962). Com o intuito de fazer melhorias nessa escala, foi criada a Escala de Esforço Percebido de 6 a 20 (BORG, 1971) e desse modo surgiram outras escalas para avaliar a PSE como a escala de OMNI, Borg CR-10, Borg CR-100, por exemplo. A primeira escala apresentada no meio acadêmico foi na escala de esforço percebido de Borg 6-20, na Suécia, desenvolvida por Gunnar Borg (BORG, 1962).

5.3.1 Escala de 6 a 20

A escala da PSE de Borg foi construída a partir do conhecimento obtido em experimentos psicofísicos e fisiológicos. Inicialmente foram criados diferentes escalas, dentre elas a escala de classificação de 21 pontos, nesta escala o valor 17 correspondia aproximadamente a uma FC de 170 batimentos por minuto (bpm) em um grupo de homens e mulheres de meia idade considerados normal, exercitando-se em um teste no cicloergômetro com cargas aumentadas gradativamente a cada seis minutos. Já que em uma pessoa saudável 170 bpm era um ponto de referência comum na estimativa de medidas submáximas da capacidade de trabalho, a classificação 17 era fácil de comparar com a FC dividida por 10. Porém, uma vez que havia uma relação não linear entre as classificações de PSE e as interpolações e superestimação de carga de trabalho e de classificação da FC, era um tanto difícil de fazer avaliações. Para superar essa dificuldade e fazer com que os valores cresçam linearmente com a carga de trabalho, e simplificar as comparações entre as classificações e a FC em uma ampla gama de intensidades, Borg modificou a escala substituindo as âncoras verbais e endireitando a curva para um valor de descanso (BORG, 1998).

Como descrito anteriormente, Borg mais tarde faz a plotagem em um gráfico da PSE de 21 pontos pela carga de trabalho, substitui e diminui algumas expressões da escala para corresponder a uma função de crescimento linear. Sendo escolhido o valor de número 6 como ponto de partida, uma vez que uma estimativa de FC em repouso para muitos adultos era próxima de 60 ($60 = 10 \times 6$). Cada número foi ancorado verbalmente como visto na figura 01. Começando com 6 (em vez de zero) mostrando que a escala não é uma escala de razão com um zero absoluto. A escala PSE também foi construída para

dar um aumento bastante linear com a FC (e VO₂) durante o teste em cicloergometro e tambem durante a corrida.(BORG,1998)

A primeira apresentação da escala foi feita em um seminário de fisiologia clínica na Suécia em 1966, e depois de 1967 nos Estados Unidos, onde começaram a usá-la durante testes que avaliavam o estresse em indivíduos. Para melhorar a precisão das âncoras verbais e a linearidade da escala e facilitar as interpolações, foi feita uma pequena alteração na escala na década de 1980 (BORG, 1985). O número 6 foi ancorado com a expressão "*No exertion at all*" e a expressão no número 7 subiu meia ancoragem entre 7 e 8. A expressão "*very, very*" foi alterado em um termo mais preciso "*extremely*". O número 20 foi ancorado com a expressão "*maximal exertion*" (figura 02)

6	
7	Very, very light
8	
9	Very light
10	
11	Fairly light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Very, very hard
20	

Figura 01: Antiga escala de Borg 6-20 para percepção de esforço

Fonte: Borg (1998)

Essas mudanças foram baseadas na combinação de um estudo especial de Borg e Lindblad (1976) sobre a interpretação e precisão de 37 de diferentes âncoras verbais a partir de "*mínimum*" a "*Almost maximum*". No estudo, grupos de sujeitos classificaram as intensidades coincidentes por trás das expressões. A interpretação e precisão foram definidas operacionalmente pelos resultados do estudo e esses resultados foram

definidos pela posição média (e mediana) na escala e precisão pela dispersão relativa em torno da média (BORG, 1964).

O número 20 na escala refere-se a um máximo absoluto ("*absolute maximum*"), uma intensidade que a maioria das pessoas nunca terá atingido anteriormente em suas vidas. É, portanto, uma espécie de construção hipotética pois, de acordo com a definição e instrução, 19 deve ser a intensidade mais alta que a maioria das pessoas já experimentou em executar algo extremamente difícil por vários minutos, como por exemplo carregar objetos que são tão pesados que dificilmente conseguem executar a tarefa. (figura 02) (BORG, 1985, 1994).

6	No exertion at all
7	
8	Extremely light
9	Very light
10	
11	Light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard (heavy)
16	
17	Very hard
18	
19	Extremely hard
20	Maximal exertion

Figura 02: Escala de Borg de 15 pontos para percepção de esforço.

Fonte: Borg (1998)

5.3.2 Escala CR 100

A escala CR 100 é um pouco difícil de ser interpretada principalmente para uso prático. No entanto, os autores afirmam que às vezes existe a necessidade de uma escala graduada mais precisa, com alcance numérico que se aproxime do que é obtido com estimação da magnitude (ME), ou em melhor congruência com o tamanho da faixa dinâmica subjetiva (BORG, BORG, 2001).

Quando se fala na ME, no artigo de Borg (2008) o autor descreve que desde que ocorra a comunicação humana podemos nos perguntar se ocorre a necessidade do uso

de uma escala especial de classificação para as pessoas estimarem a magnitude de uma certa experiência, pois, as palavras são de fundamental ajuda para descrever nossas experiências tanto sobre as quantidades quanto as qualidades. Porém há a necessidade da criação da escala pois necessitamos de um bom método de avaliação. Em muitas situações são necessárias para obter uma interpretação mais precisa dos problemas reais, principalmente para todos os tipos de medições que requerem números.

Stevens (2017) em seu estudo destaca a importância de não haver restrições para as pessoas no uso de números ao estimar as magnitudes das percepções. Todos devem ter a oportunidade de usar os números de livre escolha. Caso contrário, as respostas não devem ser consideradas como pertencente a uma escala de proporções.

De acordo com Stevens (1975) a instrução para estimativa de magnitude deve ser simples, podendo ser modelada neste exemplo: Você será apresentado a uma série de estímulos em ordem irregular, portanto sua tarefa será dizer quão intensos eles parecem, e irá atribuir números a eles. Chame o primeiro estímulo qualquer número que pareça adequado a você, eles atribuem números sucessivos de tal maneira que refletem sua impressão subjetiva. Não há limite para o intervalo de números que você pode usar, você pode usar números inteiros, decimais ou frações, tente fazer com que cada número combine com a intensidade como você a percebe.

Estudos prévios comparando a escala CR com ME livre mostraram duas coisas importantes: primeiro, que as funções de fragmentação da escala CR funcionam tão bem quanto ME na geração de funções psicofísicas gerais. Segundo a escala CR dá níveis comparáveis de intensidade com boas possibilidades de comparações interindividuais (NEELY *et al.*, 1982; MARKS, BORG, LJUNGGREN, 1983; BORG, LJUNGGREN, MARKS, 1985).

A escala CR100 expressa resultados bastante altos e significantes quando comparado com a ME (BORG, BORG, 1994). Os sujeitos também dizem que a escala é um pouco difícil de usar, já que nenhum dos rótulos verbais foi colocado em números inteiros na escala, sendo assim há uma desvantagem quando a escala é usada para uma comunicação bidirecional e prescrições de intensidade. No entanto, a escala foi ajustada, movendo os rótulos verbais para os números arredondados mais próximos. Um nível "mínimo" e um "máximo" também foram estimados e adicionados à escala.

Um intervalo numérico de aproximadamente 1:60 pode ser adequado no que diz respeito à gama total de magnitudes perceptivas de "mínimo" a "máximo". No entanto, para a maioria das pessoas não é um intervalo de números comum que seja fácil de lidar.

Uma variação de escala de 1: 100 com o número um (1) como a unidade mais baixa ou ponto de partida, semelhante a estimativas percentuais, é muito mais usual e fácil entendimento. Desta forma, encontra-se uma dificuldade quando pretende-se combinar um alcance numérico (1:60) tão simples e torná-lo congruente com o possível alcance perceptual, uma vez que este número é relativamente um pouco menor. Depois de muitos ensaios e teste, a solução foi escolher um e meio (1,5) como um valor inicial para "mínimo" e cem (100) como "*maximal-max X*", onde cem é intensidade mais forte anteriormente experimentada. Como o máximo absoluto pode estar em um nível acima deste, e para evitar um efeito de teto, o "máximo absoluto" foi colocado com um ponto fora da escala numérica dada, para evitar um efeito de chão, (verificar figura 03). A palavra "*Maximal-max X*", é o principal ponto de referência e todos os outros valores de escala são definidos em comparação com este valor "*max*" como uma "unidade". Essa escala pode também ser chamada de escala "centi-max" e os valores serem expressos em cM (centi-Max) e "*deci-Max*" com valores expressos em dM (*deci-max*) (BORG, BORG, 2001).

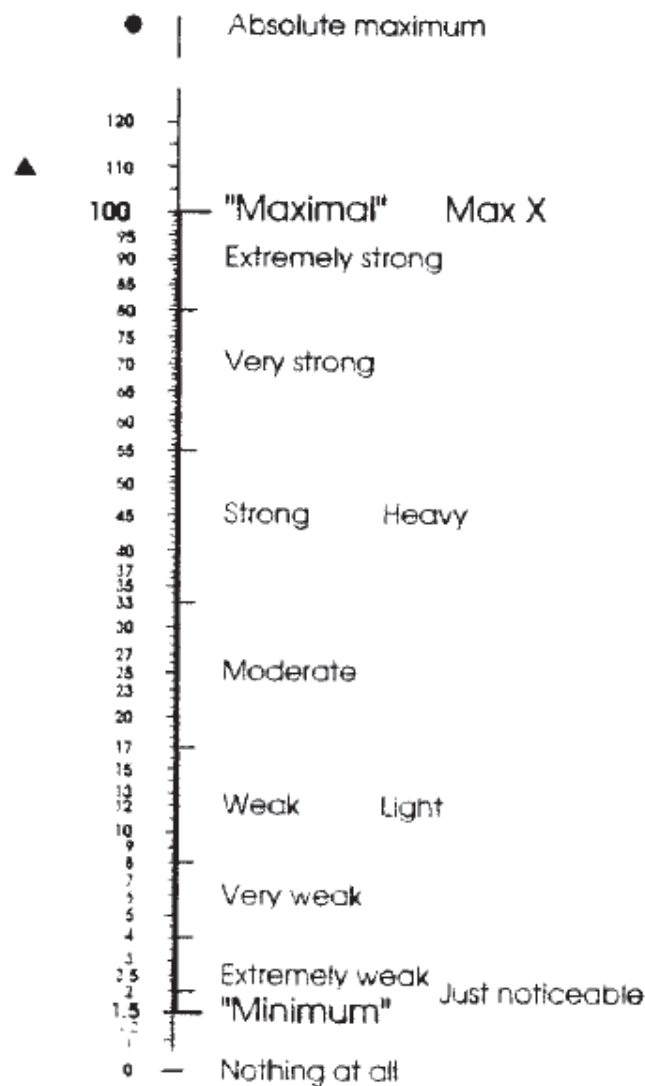


Figura 03: Escala CR100 de Borg original sem adaptação

Fonte: Borg e Borg (2001)

5.3.3 Escala CR 10

A escala CR10 é uma melhoria da primeira escala CR (BORG, 1973; BORG, 1977). Consiste numa variação em números de 0 a 10, com a primeira âncora em 0,5 e com possibilidades de dar classificações com decimais e também classificações abaixo de 0,5 e acima de 10 (para evitar efeitos finais) (figura 04). A faixa de 0,5 a 10 é uma faixa de intensidade bastante pequena, mas, para fins práticos, costuma ser boa o suficiente. Em muitos estudos, foi demonstrada a validade da escala CR10 (NOBLE *et al.*, 1983; BORG, LJUNGGREN, MARKS, 1985; BORG, OTTOSSON, 1986; NEELY *et al.*, 1992). É uma escala geral para medir intensidades da maioria dos tipos de percepções sensoriais, experiências e sentimentos. Seu uso primário, no entanto, tem sido diagnóstico clínico de dores; na determinação do esforço percebido, incluindo falta de ar e fadiga em conexão

com testes de trabalho, treinamento e reabilitação. Os principais campos de aplicação são encontrados em medicina, ergonomia e fatores humanos, e em esportes (BORG, 1998).

0	Nothing at all	"No I"
0,3		
0,5	Extremely weak	Just noticeable
0,7		
1	Very weak	
1,5		
2	Weak	Light
2,5		
3	Moderate	
4		
5	Strong	Heavy
6		
7	Very strong	
8		
9		
10	Extremely strong	"Strongest I"
11		
~		
●	Absolute maximum	Highest possible

Figura 04: Escala CR10 de Borg original

Fonte: Borg (1982, 1998)

Para aumentar a faixa numérica e para facilitar a discriminação em níveis baixos de intensidade e para evitar o efeito chão, outras escalas razão-categoria foram construídas por Borg. Uma das escalas (a CR12) tinha um alcance numérico 1,7 vezes maior que o da escala CR10 e a outra (CR20), um alcance 2,9 vezes maior. Os números das últimas escalas foram espaçados logaritmicamente, enquanto os rótulos verbais foram espaçados quase linearmente. A validade das escalas foram testada em relação a algumas funções psicofísicas, e se obteve bons resultados com essas escalas (SEBALD, 1990), porém elas foram consideradas mais difíceis de usar para pessoas comuns, do que a escala CR10, que agora se tornou uma escala bastante comum e utilizada.

5.3.4 Utilização das escalas CR

São múltiplas a áreas onde as escalas CR podem ser utilizadas, principalmente a CR100 (centiMax). As escalas CR foram testadas em percepção de dor, sabor, odor e da

cor. Com ótimos resultados, foram feitas comparações com outros tipos de escalas, por exemplo, estimação de magnitude, correspondência de magnitude, escala visual analógica e escalas de categorias comuns (MARKS, BORG, LJUNGGREN, 1983; MARKS, BORG, WESTERLUND, 1992; NEELY et al., 1995; GRIEP et al., 1998; BORG, BORG, 2001). Em afinidade pode-se considerar que a escala Borg CR100 (centiMax) funcionará bem para qualquer mensuração de percepção onde a escala de Borg CR10 é agora usada, isto é, em diagnósticos para esforço percebido, avaliação de sintomas, dor, "dificuldade para respirar" na reabilitação de pacientes com distúrbios cardíacos ou músculo-esqueléticos; dentro ergonomia e em esportes. Desta forma verificou-se que as escalas CR funcionam bem para percepções de intensidades sensoriais e melhor do que escalas categoria comum consideradas "escalas de avaliação", tendo uma boa razão para um uso prolongado em outras avaliações de intensidade (BORG, 2007).

No estudo de Fanchini et al. (2016) o qual teve como objetivo avaliar e examinar a validade da classificação da sessão de percepção de esforço (s-RPE), avaliada com a escala de Borg CR100 para medir cargas de treinamento no futebol de elite e examinar se o CR100 é intercambiável e pode fornecer classificações mais precisas do que a escala CR10. Verificou-se que o CR100 é válido para avaliar a carga de treinamento em jogadores de futebol de elite e pode ser utilizado alternadamente com o CR10 podendo proporcionar medidas mais precisas da intensidade-exercício.

5.3.5 Instruções de uso da escala de categoria.

Mesmo que o método de proporção de categoria seja um método "direto", a negligência de informações podem trazer resultados inadequados, sendo assim é muito importante a instrução adequada do uso da escala. É possível aumentar a confiabilidade da escala se a instrução e administração propostas por Borg (1998) forem seguidas o mais próximo possível. Ao usar a escala para o treinamento, (BORG, BORG, 1991), a confiabilidade de entendimento da escala para a pessoa que irá reportar a percepção de esforço deve ser reforçada. O aplicador do teste deve ter certeza de que o indivíduo entende as instruções testando os sujeitos com algumas perguntas sobre a intensidade perceptiva de certas coisas, como a acidez de um limão, ou a doçura de uma banana madura. Deve-se também evitar usar questões que possam interferir no objetivo do aplicador do teste em se preparar bem e organizar a situação de modo que a pessoa a

ser testada se sinta confortável sem quaisquer elementos perturbadores. Um bom relacionamento com a pessoa deve ser estabelecido, e todas as informações necessárias sobre o teste e seu propósito devem ser fornecidas com bastante antecedência, permitindo que perguntas sejam feitas de forma clara.

Em determinados momentos é necessário usar uma modalidade de referência especial, para tornar possíveis comparações interindividuais válidas (e intermodais), por exemplo, quando se estuda a percepção do paladar ou sintomas somáticos, os critérios para a escolha de tal modalidade de referência deve-se considerar uma modalidade simples, bem definida, fácil uso, estável ao longo do tempo, com boa concordância interpessoal, e também deve ser válida para usar na forma imaginada em diferentes magnitudes, tais como concepções. As propriedades especiais das escalas CR são uma grande vantagem quando se trabalha em respostas obtidas e interpretação de resultados. A construção permite utilizar estatísticas paramétricas (descritivas e inferenciais, por exemplo, anova) incluindo determinações de funções S-R matemáticas. (BORG, BORG, 2001)

5.3.6 PSE e respostas ao exercício

Pinheiro, Viana e Pires (2014) descrevem em seu estudo que a PSE inicial foi sugerida como uma marcadora de intensidade do exercício, pois ela responderia às alterações nos sistemas metabólicos e cardiopulmonar, principalmente às alterações da FC e concentrações de lactato sanguíneo durante o exercício. Porém, este entendimento não se ajusta as respostas fisiológicas observadas em diferentes intensidades de exercício, pois a PSE aumenta de forma linear mesmo em intensidades em que ocorre um estado de equilíbrio fisiológico.

A intensidade do exercício pode ser interpretada de várias formas diferentes e receber um significado físico fundamentado no estímulo, e definida por mensurações físicas como força, energia, trabalho, torque, velocidade, etc. Da mesma forma, pode ser interpretada fisiologicamente em termos absolutos, como VO_2 , ou por valores relativos como frequência cardíaca. Outra possibilidade é avaliação da intensidade do exercício em termos de determinações de índices de intensidade subjetiva, conforme a percepção do indivíduo. Esse método oferece diretamente uma medida individualizada da intensidade do exercício (BORG, 2000).

Na perspectiva de um modelo psicofisiológico, existem dois modelos na qual a PSE pode ser regulada. Um deles é o sistema nervoso central (SNC) o qual descreve que o esforço percebido no exercício seria gerado em estruturas cerebrais, e modulado por alterações fisiológicas na periferia do corpo (NOAKES, ST CLAIR GIBSON, & LAMBERT, 2004; LAMBERT, ST CLAIR GIBSON, & NOAKES, 2005). Nesta perspectiva, o esforço percebido em um determinado exercício poderia ser o resultado das cópias do comando motor executado pelo córtex pré-motor e motor primário, onde as informações seriam enviadas às regiões do córtex somatossensorial, córtex cingulado anterior e o córtex insular anterior (CRAIG, 2003, 2009; MARCORA, 2009). O outro modelo sugere que a PSE seja influenciada por alterações ocorridas na periferia do corpo. Utilizando informações aferentes proveniente do sistema nervoso periférico (BISHOP, DE VRIJER, & MENDEZ-VILANUEVA, 2010; ABBISS & PEIFFER, 2010; MARCORA, 2011), regiões subcorticais e corticais do SNC poderiam ser capazes de monitorar as alterações cardiopulmonares (VO₂ e FC), musculares (lactato, pH), além de modificações na temperatura corporal durante o exercício (AMANN & SECHER, 2010).

O procedimento que traz a resposta da PSE pelo SNC irá poder responder basicamente à intensidade do exercício, enquanto as respostas fisiológicas periféricas poderão modular a PSE ao longo do exercício. Desta maneira, a PSE poderá ser marcadora da duração tolerável do exercício realizado em uma determinada intensidade (PINHEIRO, VIANA e PIRES, 2014).

Diferentes métodos de quantificação do treinamento fundamentado nas respostas ventilatórias, cardíacas e sanguíneas, têm sido aplicados para validação do método da sessão da PSE (DIAS *et al.*, 2018; MCLAREN *et al.*, 2018; CLEMENTE *et al.*, 2018; ROOS, 2018). Em atletas de natação, as médias das correlações intraindividuais entre o treinamento determinadas pela PSE da sessão e pelos impulsos de treinamento (TRIMPs) pelo método de Banister (1991), (Edwards 1993; Lúcia *et al.* 2003) apontaram uma forte correlação entre métodos. Estes dados apontam que em modalidades cíclicas, a PSE da sessão pode ser benéfica na avaliação de carga interna, quando associada com métodos baseados na FC (WALLACE *et al.*, 2014). Os autores García-Ramos *et al.* (2015) descrevem em seu estudo limitações na quantificação de cargas de treinamento interno usando métodos baseados na FC comparados métodos TRIMP realizados exercícios intervalados de alta intensidade. Um ponto falho no método TRIMP exposto pelo autor é a ausência da discriminação dos períodos de exercício e descanso, eles expressam uma

única média valor de intensidade que poderia levar a uma subestimação de cargas de treinamento.

Em uma proposta de quantificar a sessão de treinamento de forma mais precisa os autores García-Ramos *et al.* (2015) em seu estudo compararam o método original TRIMP (1991) e um procedimento de cálculo modificado (TRIMP-S) baseado na soma cumulativa de TRIMP parcial, e determinar como cada modelo se relaciona com a classificação do esforço percebido na sessão (s-PSE) em uma carga de treinamento independente da FC indicada. Foi encontrado que o TRIMP-s foi ~9% maior em média que TRIMP mostrando que o cálculo do TRIMP subestima a magnitude do impulso de treinamento. Em conclusão os autores sugerem para exercícios de alta intensidade na natação coletar o trimp da sessão em meio as pausas de recuperação, uma vez que trimp sessão poderá oferecer melhores estimativas da carga do treinamento interno.

Como ferramenta na quantificação de carga a PSE também tem sido utilizada na prescrição do treinamento. No estudo de Scherr *et al.*, (2013) foi avaliado a associação entre a PSE e parâmetros fisiológicos no exercício em 2560 homens e mulheres com uma mediana de idade de 28 anos, os indivíduos realizaram um teste incremental em esteira ou ciclo ergômetro onde a FC, [La] e PSE (escala de Borg 6-20) foram coletados ao final de cada estágio. O estudo mostrou que o sexo, a idade, estado de saúde, atividade física e modalidade de teste de esforço não influenciaram na associação significativa dos resultados outro achado foi mostrado que o cálculo da PSE no LT₂ foi possível ser identificado em 1612 indivíduos, e a percepção de esforço no LT₁ e LT₂ foram entre os valores 10,8 e 13,6 U.A. Os autores afirmam que a PSE de Borg parece ser uma ferramenta acessível, prático e válida para monitoramento e prescrição da intensidade do exercício, independentemente de sexo, idade, modalidade de exercício, nível de atividade física e o estado de saúde para pessoas com doença arterial coronariana. Os mesmos recomendam exercitar em uma PSE de 11-13 é recomendada para indivíduos menos treinados em intensidade baixa, e uma PSE de 13-15 pode ser recomendada quando mais intensa no treinamento aeróbio.

5.3.7 Percepção subjetiva de esforço na natação

Maglischo (2003) descreve que originalmente, a Escala de Borg classificava a intensidade dos exercícios de 1 (fácil) a 20 (extremamente difícil). O mesmo autor descreve que uma escala graduada de 1 a 10 teria a mesma finalidade. Para tanto, a Escala de Borg foi adaptada conforme a Tabela 03, onde as intensidades do exercício e

os efeitos prováveis do treinamento correspondentes a cada escore na escala estão relacionados nas suas diversas colunas.

Tabela 03: Escala de Borg Adaptada por Maglischo (2003)

Pontuação	Esforço percebido	Efeito provável do treinamento	Nível de treinamento
10	Extremamente difícil	Melhora o metabolismo anaeróbico	Tolerância ao lactato
9	Muito difícil	Melhora a capacidade anaeróbica e o VO_2max ; a intensidade está acima do atual limiar anaeróbico	Tolerância ao lactato End-3
7 á 8	Difícil, mas realizável.	Sobrecarrega o metabolismo aeróbico, trabalha no nível, ou ligeiramente abaixo do nível, do limiar anaeróbico.	End-2
5 á 6	Esforço moderado	Melhora a capacidade aeróbica, ao mesmo tempo em que proporciona algum alívio do treinamento intenso.	End-1
3 á 4	Fácil	Mantém a endurance aeróbica, ao mesmo tempo em que se recupera do treinamento intenso.	End-1
1 á 2	Muito fácil	Tem utilidade no aquecimento e na natação de relaxamento	

A adaptação da Escala de Borg resultou em um procedimento conveniente e acessível para determinar a intensidade do treinamento na natação. O treinamento de acordo com uma pontuação do esforço percebido também permite que os nadadores compensem as variações periódicas ocorrentes do esforço fisiológico. Possivelmente, o benefício mais importante seja que esse procedimento possibilita que os nadadores progridam em seu próprio ritmo e não conforme algum procedimento de teste pré-estabelecido. Isto é, os atletas podem aumentar seus ritmos de treinamento ao se sentirem capacitados para realizá-lo, não tendo de aguardar novos resultados de testes e avaliações que irão nortear o seu novo planejamento de treinamento (MAGLISCHO, 2003).

No estudo de Lima *et al.*, (2006) os autores buscaram prescrever um teste incremental baseado na PSE (escala de Borg 6–20) visando estimar os limiares metabólicos determinados por métodos lactacidêmicos em ajuste bi-segmentado, concentração fixa- 3,5mM e distância máxima (Dmax). Outro objetivo foi relacionar a PSE atribuída em cada estágio com a frequência cardíaca e com parâmetros mecânicos de nado, frequência e amplitude de braçada; e analisar a utilização da escala 6–20 na regularidade do incremento das velocidades no teste correlacionando os limiares metabólicos com a velocidade crítica. O protocolo realizado no estudo foi 5 tiros de 200m, com pausas de 90 segundos para coletas sanguíneas. A intensidade inicial e os

incrementos de intensidade foram determinados com visualização prévia da escala 6-20 de PSE. Desta forma, a intensidade subjetiva de início do teste foi determinada de PSE prescrita, para cada um dos tiros: 9 (muito leve), 11 (leve), 13 (pouco intenso), 15 (intenso-pesado) e 17 (muito intenso). O estudo mostrou que não houve diferença significativa entre a percepção subjetiva de esforço prescrita e a real coletada durante o teste progressivo. Também verificou-se que o coeficiente de correlação intraclasse com 95% de intervalo de confiança (IC) apresentou elevados resultados para análise de concordância. Esses resultados revelam excelente concordância entre PSE programada e PSE real e verificou-se que a frequência cardíaca (FC) respondeu linearmente com o aumento da PSE prescrita durante o teste incremental (LIMA *et al.*, 2006).

Outros estudos demonstram correlações significativas entre a PSE e demanda metabólica mensurada por meio do consumo de oxigênio e FC (GARCIN, VANDEWALLE, MONOD; 1999; SKINNER, JAMES S. *et al.*, 1934); entretanto, a FC pode ser influenciada diretamente por muitos fatores, dentre os quais podemos destacar medicamentos, dificuldade de se mensurar (NOBLE, ROBERTSON, 1996), influência de temperatura ambiente (GARCIN, VANDEWALLE, MONOD, 1999) e o menor número de batimentos na água em comparação com o ambiente terrestre (MCARDLE *et al.*, 1976). Tais fatores podem gerar imprecisões no controle da intensidade durante o exercício. Ainda no estudo de Lima *et al.*, (2006) as [La] foi considerada como o fator local mais sensível do estresse metabólico (19) e que reflete o aumento da PSE no decorrer do exercício (CARTON, RHODES 1985; HELD, MARTI, 1999). Em acordo com outros estudos (UEDA, KUROKAWA 1995; MERCER, 2001), observa-se que a resposta lactacidêmica durante o teste incremental tem uma boa correlação com a PSE predita. Contudo mesmo diante das correlações significativas, deve-se ressaltar que a PSE é influenciada por parâmetros centrais (consumo de oxigênio, ventilação e FC) e locais ([La]). Sendo assim, as melhores correlações entre lactato e PSE foram encontradas também em outros estudos durante testes progressivos (UEDA, KUROKAWA, 1995; MERCER, 2001; SUK, YU, SHIN, 2016; BAUMGART, SKOVERENG, SANDBAKK, 2017).

O protocolo progressivo no estudo de Lima *et al.*, (2006) utilizando a PSE programada permitiu a mensuração dos limiares metabólicos, assim como a análise do coeficiente de correlação entre os métodos utilizados e foram encontradas correlações significativas entre velocidade na concentração fixa- 3,5mM e velocidade crítica, velocidade pelo método Dmax e velocidade pelo método de ajuste bi-segmentado, e entre velocidade pelo método Dmax e velocidade crítica. Os autores descrevem que não foi

possível identificar os limiares metabólicos em função da disposição atípica dos pontos da curva lactato-velocidade utilizada para a estimação da velocidade pelo método de ajuste bi-segmentado e velocidade pelo método Dmax por meio de inspeção visual após ajustes polinomiais das curvas. Em contrapartida a velocidade na concentração fixa- 3,5mM foi determinada por meio da regressão linear para todos os sujeitos, devido isso a não estimação dos limiares na velocidade pelo método de ajuste bi-segmentado e velocidade pelo método Dmax para os três sujeitos não devido ao protocolo proposto, mas sim aos dados obtidos. Os autores concluem que a PSE é um parâmetro confiável no controle da intensidade do exercício durante teste incremental em natação, sem a necessidade do controle da velocidade durante cada estágio do teste em piscina. Destacou-se também que a boa familiarização da PSE durante o período de seis meses parece ter contribuído para o bom controle da intensidade utilizando a PSE.

Estudos recentes na natação têm utilizado diferentes escalas de percepção de esforço. Dentre elas Borg 6-20 (KARAVATAS, TAVAKOL, 2005; SUZUKI *et al.*, 2007; PSYCHARAKIS, 2011; ZACCA *et al.*, 2016; GUIGNARD *et al.*, 2017; CLEMENTE-SUÁREZ, ARROYO-TOLEDO 2017; PENNA *et al.*, 2017; SCHNITZLER *et al.*, 2018) e CR-10 (INVERNIZZI *et al.*, 2014; DE ANDRADE NOGUEIRA *et al.*, 2016). No entanto, essa utilização parece ser escolhida de acordo com cada objetivo de estudo.

5.4 DMÁX PSE

Diversos autores têm utilizado as escalas de esforço percebido para monitoramento da intensidade de exercício em diferentes esportes e indivíduos. A PSE é utilizada na prescrição de exercícios para indivíduos com patologias (CRYTZER *et al.*, 2018) ativos (GARNACHO-CASTAÑO *et al.*, 2018) atletas (HELMS *et al.* 2017; ZURUTUZA *et al.*, 2017).

O ACSM informa que a PSE pode ser utilizada para modular ou melhorar a prescrição de exercícios, podendo ter forte correlação com variáveis fisiológicas durante o exercício, como a FC, %VO₂máx, [La] (FABRE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014; GARBER *et al.*, 2011; ZAMUNÉR *et al.*, 2011). No estudo de Scherr *et al.* (2013), valores fixos da [La] foram encontrados em associação com valores fixos de PSE na escala de 6 a 20 pontos de Borg na identificação do segundo limiar anaeróbio em homens e mulheres de diferentes idades e níveis de atividade física, após teste experimental em esteiras e ergômetros. Desta maneira, os autores sugerem que a PSE é um instrumento válido e de

baixo custo para identificação do LL relacionados a concentrações fixas de 3 e 4 mmol. l⁻¹.

A aplicação do modelo matemático D_{máx} foi sugerido por Cheng *et al.* (1992) para determinação do LL, possibilitando a identificação do LT por meio da PSE (FABRE *et al.*, 2013), assim como demais pesquisadores (CONDE *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.* 2015; FERREIRA *et al.*, 2014, COSTA, 2017), que têm verificado esse método em diferentes pesquisas para avaliar a sua reprodutibilidade, possibilitando a prescrição de exercícios para indivíduos ativos, (FABRE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014; CONDE *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2016; ARSA *et al.*, 2016) e atletas de diferentes modalidades, sendo essas futebol (ZAGATTO *et al.*, 2016); ciclistas (FERREIRA *et al.*, 2016) e corredores de montanha (COSTA *et al.*, 2017).

Este método baseia-se em um ajuste polinomial de 3ª ordem por todos os pontos e um ajuste linear unindo os dois extremos da curva lactacidêmica em função da intensidade (CHENG *et al.*, 1992) ou a curva de esforço percebido em função da intensidade (FABRE *et al.*, 2013) em um gráfico. Os valores preditos encontrados pelos dois ajustes são subtraídos e o maior valor corresponde ao limiar da PSE (D_{máx}PSE) (ver figura 1). Para a PSE, este limiar está associado ao segundo LL.

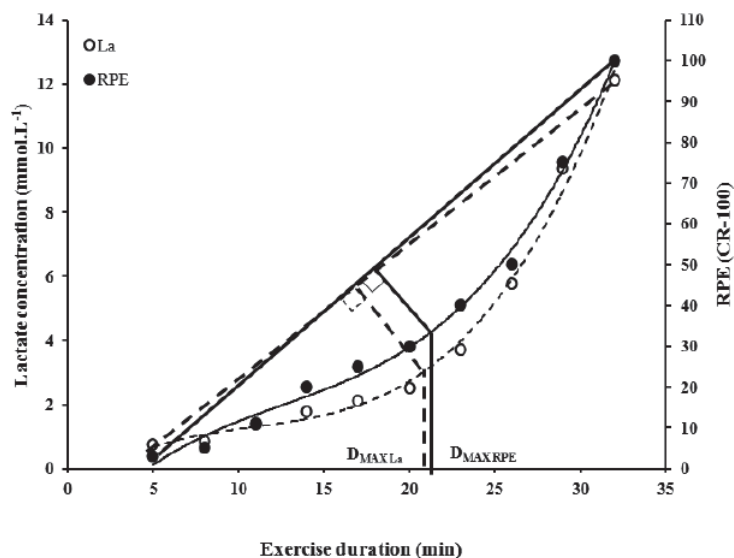


FIGURA 05. Identificação do limiar da PSE pelo método D_{máx}PSE - maior distância perpendicular entre um ajuste polinomial de 3º ordem e um ajuste linear.

FONTE: Fabre *et al.*, (2013) - adaptado.

Em seus estudos, Fabre *et al.* (2013) confirmaram a hipótese de que o método D_{máx} poderia ser aplicado nos escores de PSE, utilizando a escala CR-100 de Borg, recomendando esse método como uma nova maneira para detecção individual do segundo LL durante teste incremental até a exaustão. Neste estudo, os autores não

encontram diferença significativa ($p > 0.05$) entre o método Dmáx utilizado para o LL e DmáxPSE (Ver Figura 01), onde também se verificou uma forte correlação entre eles ($r = 0.97$). Em outro estudo utilizando a escala CR – 10 de Borg, ao avaliar indivíduos fisicamente ativos em um ciclo ergômetro, Ferreira *et al.* (2014) não encontraram diferenças significativas ($p \geq 0.05$) na intensidade ocorrida nos DmáxPSE e LL identificados pelo método Dmáx. De forma idêntica, Conde *et al.* (2014) também encontraram intensidades similares ($p \geq 0.05$) ocorridas no DmáxPSE por meio da escala CR – 10 de Borg, utilizando o método Dmáx. e o LL, pela [La] fixa de 4 mmol.l⁻¹ (*i.e.*, OBLA).

Ferreira *et al.* (2016) em um Teste incremental máximo no ciclo ergômetro verificou se a PSE (escala de Borg CR 100) é sensível para detectar as diferenças entre atletas ciclistas e indivíduos fisicamente ativos. Os resultados mostraram que o DmáxPSE conseguiu discriminar as diferenças entre ciclistas bem treinados e indivíduos fisicamente ativos. Em outro estudo Arsa *et al.* (2016), os autores compararam o LL com o Dmáx aplicado nas respostas do lactato e da percepção de esforço (PSE12/13 e DmáxPSE) (escala de Borg 6-20) durante exercício resistido incremental, e por resultado verificou-se que foi possível identificar o limiar anaeróbio tanto pelo método de inspeção visual LL quanto pelo DmáxLa e DmáxPSE.

Para Costa *et al.* (2017) em seu estudo o qual buscou investigar a possibilidade de utilizar métodos alternativos não-invasivos para a identificação e predição do limiar ventilatório, em atletas corredores de montanha do sexo masculino, em um teste incremental máximo em esteira juntamente coletas da FC, PSE (escala de Borg CR-10) e LV, identificaram que o limiar ventilatório pode ser predito pelos métodos DmáxPSE ou PDFC, sem diferenças significativas, com forte correlação e baixo viés. Também foi encontrado que o DmáxPSE também se mostrou eficaz na predição do PDFC, que pode ser observado pela similaridade entre as variáveis analisadas entre os métodos.

Contudo, estes achados demonstram que este método considera as variações individuais nas [La] *i.e.* As alterações que surgem nas [La], desiguais em cada indivíduo, são acompanhadas pelas mudanças nos escores da PSE (FABRE *et al.*, 2013), sendo este eficaz na determinação do segundo LL.

Diante de várias pesquisas na literatura ainda não se encontrou a identificação de limiar anaeróbio por meio do método Dmax em atletas nadadores, a PSE é vista como uma ferramenta de baixo custo e compreensão, dessa forma sua utilização nesta

pesquisa poderá auxiliar na identificação do segundo LT, dando suporte na avaliação de desempenho e prescrição de treinamento na natação.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Característica da pesquisa

Este estudo trata-se de um delineamento descritivo correlacional, de caráter transversal. Thomas, Nelson e Silverman (2009) descrevem que a pesquisa descritiva é um estudo de status e é amplamente utilizada nas ciências comportamentais. O seu valor está fundamentado no princípio de que os problemas podem ser resolvidos e as práticas melhoradas por meio da observação, análise e descrição objetivas e completas. O estudo correlacional é direcionado a determinar e analisar as relações entre as variáveis assim também como gerar previsões, podendo coletar dados sobre duas ou mais variáveis nos mesmos sujeitos. Contudo o estudo tem a intenção de identificar os limiares de transição fisiológica (variáveis dependentes) durante um teste progressivo máximo em atletas de natação (variável independente).

6.2 Contato com os participantes e local da pesquisa

Os pesquisadores do presente estudo entraram em contato com clubes e com as Academias de Natação de Curitiba e Santo André, no Paraná e São Paulo, para divulgar o projeto e solicitar voluntários interessados dentro dos critérios de inclusão e exclusão em participar do mesmo. A pesquisa foi realizada no complexo desportivo Pedro Dell'Antonia, localizado na Rua São Pedro, 27 – Bairro Silveira, Santo André - SP, cep :09121-390 e na academia Amaral Colombo localizada Rua Pedro Pavin, 959 - Centro, Colombo - PR, 83414-210.

6.3 Característica da amostra

Para determinar o tamanho da amostra foi calculado por meio do *software* GPower®, considerando o estudo de Ferreira *et al.* (2014) que obteve um $r = 0,75$ de correlação entre limiar de lactato (LL) e o limiar de esforço percebido (DmáxPSE) em homens ativos. Foi adotado para este estudo um $r = 0,75$ um erro tolerável de 0,05 e um

poder estatístico de 0,95. Portanto, o tamanho da amostra desejável para a obtenção de resultado significativo é de 11 sujeitos. Considera-se uma possível perda amostral de 20%, tem-se então um número de 13 participantes para a pesquisa. Por esta razão, foram convidados a participarem do estudo 15 indivíduos, por amostragem intencional.

O estudo passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos local, credenciado pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP nº 93042418.1.0000.0102. Cada participante foi informado sobre os procedimentos e riscos a que seriam submetidos, e foram conduzidos de acordo com os procedimentos éticos propostos pela Declaração De Helsinque (2009). Em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e se menor de idade assinaram o termo juntamente com responsável – TCLE (Apêndice 1) de acordo com a resolução nº 466/2012, concordando com a participação voluntária no estudo.

6.4 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão da pesquisa envolvem: (1) indivíduos do sexo masculino; (2) nadadores experientes de nível estadual ou nacional; (3) Idade de 15 a 25 anos. Os participantes deveriam: (4) estar treinando há, no mínimo, três anos, cinco vezes por semana, com volume semanal de, no mínimo, dez horas de treinamento e (5) apresentação do atestado médico para realização de atividades esportivas.

Como critérios de exclusão foram adotados: (1) atletas que não conseguirem completar o protocolo de teste, não conseguir completar 5 estágios; (2) que contenham históricos de lesões musculoesqueléticas e/ou ortopédicas recentes; (3) que possuam patologias cardiorrespiratórias e (4) desistirem ou por livre vontade desejarem sair do protocolo de pesquisa.

6.5 Desenho da pesquisa

Os atletas que foram selecionados participaram de um estudo transversal, que consistiu na realização de um teste progressivo máximo em piscina de 25 metros para a identificação dos LTs.

Ao entrar em contato com os atletas, os mesmos foram orientados a não ingerirem bebidas alcoólicas e/ou a base de cafeína, a consumirem refeições leves até duas horas

antecedentes ao exercício, evitar atividades físicas vigorosas e registrarem o consumo alimentar nas 24 horas antecedentes ao teste.

O estudo teve dois momentos, o primeiro realizou-se um aquecimento, no qual o atleta nadou 400 metros no estilo crawl (iniciando de dentro da piscina) em uma intensidade que variou de leve a moderada (PSE reportada no valor máximo 4). O tempo de aquecimento foi variável, porém nunca inferior a 4 e nem superior a 8 minutos (SILVA 2013) e, em seguida um teste máximo de 100 metros crawl com início dentro da água para verificar o melhor tempo do atleta. Foi considerado máximo quando o atleta atingiu os dois requisitos citados abaixo (SILVA 2013):

- a) Completar o protocolo entre 85% e 100% de seu melhor desempenho registrado pelo técnico de sua equipe, na federação ou confederação;
- b) Relatar valores de PSE (escala de Borg CR10) igual a 10 (ACSM, 2006).

No segundo momento anterior ao teste, os participantes foram submetidos às avaliações e medidas antropométricas – avaliação do peso corporal, estatura e percentual de gordura – para a caracterização da amostra.

O protocolo aplicado correspondeu a duas fases, aquecimento e outra considerada como principal. Na fase de aquecimento foi feito o mesmo procedimento de aquecimento anterior ao teste máximo. Em seguida realizou-se a parte principal, protocolo n de 100 metros crawl, todos iniciando dentro da água. Durante o teste, foram coletadas amostras de sangue para mensurar as concentrações de lactato [La], e a PSE ao final de cada estágio do protocolo.

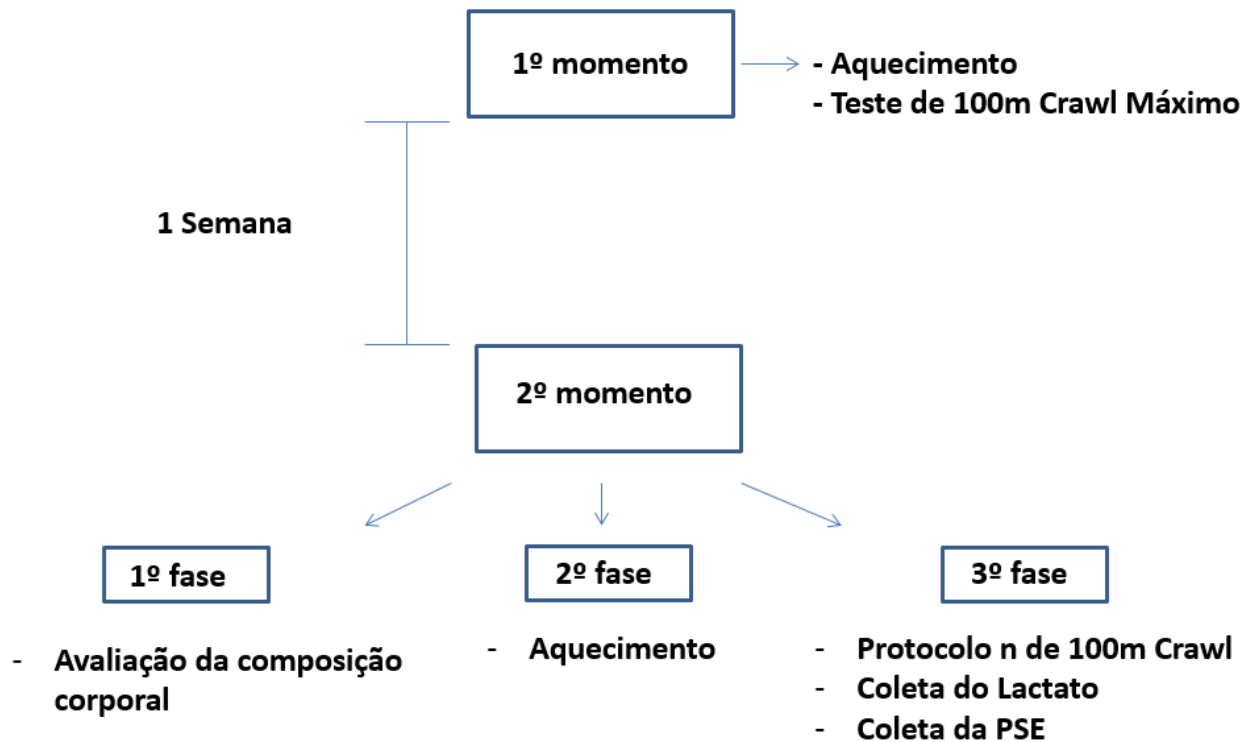


FIGURA 06. Descrição do desenho da pesquisa
 FONTE: Próprio autor.

6.6 Instrumentos de medidas e avaliações e fontes dos materiais de pesquisa

6.6.1 Avaliação Antropométrica

Antes da execução do teste e, para a caracterização da amostra, foram coletados peso corporal e estatura por meio de uma balança da marca Toledo® (modelo 2096 Pp Standard) e estadiômetro da marca Sanny® (ES 2040). As medidas das dobras cutâneas foram coletadas nas seguintes regiões do corpo – subescapular, tricipital, peitoral, axilar média, supra ilíaca, abdominal e coxa medial – mensuradas através do compasso Harpenden® (Harpenden Instruments, Marsden, UK), sendo a densidade calculada a partir do protocolo proposto por Jackson; Pollock (1978) para atletas e o percentual de gordura (%G) pelo protocolo proposto por Siri (1961), respectivamente:

$$D = 1.112 - (0.00043499 \times \Sigma(SB, TR, PT, AXM, SI, AB, CXM)) + (0.00000055 \times \Sigma(SB, TR, PT, AXM, SI, AB, CXM) \times \Sigma(SB, TR, PT, AXM, SI, AB, CXM)) - (0.00028826 \times Idade) \quad (1)$$

Onde, D é densidade, Σ é soma das dobras SB (subescapular), TR (tricipital), PT (peitoral), AXM (axilar média), SI (supra ilíaca), AB (abdominal), CXM (coxa medial) e a idade deve ser em anos.

$$\%G = (4.95/D) - 4.5) \times 100 \quad (2)$$

Onde, %G é percentual de gordura e D é densidade calculada através da fórmula anterior.

6.6.2 Maturação sexual morfológica

Para atletas até 19 anos, a maturação sexual foi avaliada através da proposta de Mirwald (2002). A coleta foi realizada por meio de medidas antropométricas de peso, estatura, comprimento de membro inferior e altura tronco cefálica.

Foi utilizada o método do pico de velocidade de crescimento de acordo com a equação. (SHERAR *et al.*, 2005).

Equação para meninos:

$$PVC = -9,236 + (0,0002708 \times (CMI \times ATC)) + (-0,001663 \times (ID \times CMI)) + (0,007216 \times (ID \times ATC)) + (0,02292 \times ((P/A) \times 100))$$

CMI: comprimento do membro inferior (cm)

ATC: altura tronco-cefálica (cm)

ID: idade (decimal)

P: peso (kg)

A: altura (cm)

6.6.3 Protocolo do Teste progressivo n de 100 metros

Neste estudo foi utilizado o protocolo proposto por Keskinen, Komi, Rusko (1989) adaptado, o protocolo progressivo consiste em n estágios de 100 metros com incremento da intensidade a cada estágio. No protocolo original o atleta realiza aproximadamente de 10 a 14 estágios de 100 metros com incremento de carga de 2 segundos, iniciando o primeiro estímulo na somatória do seu melhor tempo mais 25 segundos e intervalos de 1 minuto. No protocolo adaptado o atleta realizou aproximadamente 6 a 8 estágios, de

acordo com o percentual da intensidade individual, estipulado pelo melhor tempo do atleta nos 100 metros no nado crawl, registrado no teste máximo.

De acordo com o protocolo adaptado o estágio inicial consiste em um acréscimo de 25 segundos ao melhor tempo do atleta (MT+25 segundos), essa somatória determina o tempo em que o atleta realizará o primeiro estágio. A partir do primeiro estágio com tempo pré-estabelecido, os demais estágios terão decréscimos de 4 segundos (figura 3). O intervalo entre os estágios foi um tempo fixo de 2 minutos, ocorrendo a coleta de sangue para análise lactacidêmica e PSE nesse intervalo. Todas as coletas aconteceram no período da tarde em piscina de 25 metros em ambiente fechado com água na temperatura entre 25 e 28° Celsius, recomendado pela FINA.

1º de 100 metros crawl = MT + 25 segundos	2 minuto de intervalo
2º de 100 metros crawl = MT + 21 segundos	2 minuto de intervalo
3º de 100 metros crawl = MT + 17 segundos	2 minuto de intervalo
4º de 100 metros crawl = MT + 13 segundos	2 minuto de intervalo
5º de 100 metros crawl = MT + 09 segundos	2 minuto de intervalo
6º de 100 metros crawl = MT + 05 segundos	2 minuto de intervalo
7º de 100 metros crawl = MT + 01 segundos	2 minuto de intervalo
8º de 100 metros = MT	

FIGURA 07: Descrição do protocolo progressivo adaptado de Keskinen, Komi, Rusko (1989) e tempo de intervalo das etapas do n de 100 metros.

FONTE: Própria

6.6.4 Determinação dos Limiares de Transição Fisiológica

6.6.4.1 Limiares de Lactato

Após o aquecimento, ao final de cada estágio e após o teste progressivo, as [La] foram obtidas por meio de tiras reagentes (Nova Biomedical Waltham, MA 02454 USA) quando foi coletado 0,7 µl de sangue requerido pelo aparelho da ponta do dedo indicador esquerdo, por meio de materiais descartáveis (perfuradores e capilares), e analisadas através de um lactímetro portátil (Lactate Plus – L⁺, Nova Biomedical, USA), anteriormente validado e confiável para a utilização (TANNER, FULLER, ROSS, 2010). Após a coleta de sangue, amostras biológicas coletadas (sangue das tiras reagentes da ponta do dedo indicador, para a avaliação das concentrações de lactato sanguíneo) e utilizadas para quantificação do valor lactacidêmico, as tiras reagentes foram

destruídas/descartadas em local apropriado para descarte de materiais biológicos. Os LL foram determinados seguindo os critérios: (1) $LL_{1\text{mmol.l}^{-1}}$ – definido na intensidade do exercício que precede um aumento na $[La]$ em 1 mmol.l^{-1} sobre os valores de repouso (DUMKE *et al.*, 2006; HAGBERG; COYLE, 1983); (2) OBLA – definido na intensidade do exercício correspondente a concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mmol.l^{-1} (SJÖDIN; JACOBS, 1981); e (3) $LL_{D_{\text{máx}}}$ – definido através da máxima diferença entre um ajuste polinomial de 3ª ordem e um ajuste linear ligando os extremos da curva formada pela relação entre lactato/carga (CHENG *et al.*, 1992).

6.6.4.2 Limiar da Percepção Subjetiva de Esforço

A PSE foi mensurada por meio da Escala CR-10 de BORG, G. A. (1982) (ANEXO 1), através da seguinte pergunta: “Qual é a sua sensação em relação ao seu esforço?”. Anteriormente ao primeiro momento houve uma familiarização dos indivíduos com a escala, instruindo- os a seguirem as ancoragens propostas pelo protocolo. Os participantes deveriam responder em relação ao seu esforço percebido a cada estágio durante a realização do teste. A determinação do LPSE seguiu o modelo proposto por FABRE *et al.* (2013). Os pontos gerados pela relação entre os escores da PSE *versus* a intensidade foram plotados em um gráfico. Sendo assim, realizou-se um ajuste linear que liga os pontos extremos da curva e um ajuste polinomial de 3ª ordem ligando todos os pontos da curva. O LPSE referiu-se à maior diferença ($D_{\text{máx.}}$) observada entre os dois ajustes. A reprodutibilidade do método se fez pelos diferentes estudos que o utilizaram e que foram citados no referencial teórico do presente projeto (CONDE *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2014, COSTA, 2017).

Escala CR-10 de Borg	
0	Sem nenhum esforço
0,3	
0,5	Extremamente fraco
1	Muito fraco
1,5	
2	Fraco
2,5	
3	Moderado
4	
5	Forte
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Extremamente forte
...	
●	Máximo absoluto

Escala RPE de Borg
©Gunnar Borg, 1981, 1982, 1988

Figura 08: Escala de percepção subjetiva de esforço CR-10.

Fonte: Borg (1982) modificada por Foster *et al.* (2001)

6.7 ANÁLISE DOS DADOS

As variáveis foram expressas em média \pm desvio padrão. A normalidade dos dados foi analisada através do teste Shapiro-Wilk. Considerado os dados não normais, para comparar as intensidades no LL e LPSE foi utilizado o teste “t” de Student pareado Mann-Whitney nas variáveis tempo, velocidade e porcentagem da intensidade. A análise da relação entre os limiares foi feita através da correlação simples de Spearman. Os gráficos de limites de concordância de Altman e Bland (1983) também foram utilizados para a análise de concordância entre as medidas que apresentaram correlação significativa. A diferença entre os valores medidos a partir de dois métodos foi traçada no eixo y em função das suas médias, no eixo x. O limite de concordância envolveu a média das diferenças de dois métodos \pm 1.96 DP. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de $p \leq 0.05$ e, o *software* utilizado foi o IBM® SPSS® *Statistics Version 20.0* (Nova Iorque, Estados Unidos).

7. RESULTADOS

Os principais resultados deste estudo estão apresentados em tabelas ou figuras. As características antropométricas da amostra estão representadas na tabela 04 em média e desvio padrão, valores mínimos e máximos.

Tabela 04 - Características antropométricas da amostra (n=15).

Variáveis	Média ± DP	Mínimo	Máximo
Estatura (cm)	175,40 ± 7,84	154	190
Envergadura (cm)	179,13 ± 8,05	163	192
Peso corporal (kg)	66,79 ± 9,34	50	81,9
Percentual de Gordura (%)	9,67 ± 3,06	5,9	15,2
Idade (anos)	16,26 ± 1,48	15,1	20,6
PVC (anos)	1,69 ± 0,42	0,99	2,31

Nota: Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. PVC- Pico de velocidade de crescimento. Fonte: autor

Na tabela 05 estão descritas as características do treinamento e performance da amostra. O “MT” é a média do resultado do estímulo máximo de 100 metros crawl em segundos uma semana anterior ao teste progressivo e o “MT realizado” é o melhor tempo realizado durante o protocolo progressivo n de 100 metros crawl. No estudo o MT e o MT realizado mostraram diferenças estatisticamente significativas ($p=0,01$). A variável velocidade é o melhor tempo dividido pela metragem de 100m, comparando a “velocidade realizada” (VR) e a “velocidade programada” (VP), o estudo mostrou que houve diferença significativa entre as variáveis ($p=0,03$).

Tabela 05 - Característica de treinamento e performance da amostra

	Média ± DP	Mínimo	Máximo	p
Tempo de treinamento de natação (anos)	7,93 ± 3,28	2	10	
Sessão treino semanal (vezes)	7,46 ± 1,72	5	9	
Metragem de treino semanal (metros)	36.460 ± 4.380	30.000	40.000	
Tempo de treinamento diário (minutos)	198 ± 47,83	120	240	
MT (s)	60,13 ± 3,73	52	64	0,01

MT realizado (s)	63,54 ± 3,64*	55,27	68,56	
VP (m/s)	1,67 ± 0,11†	1,56	1,92	0,03
VR(m/s)	1,57 ± 0,10	1,45	1,82	

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. MT – Melhor tempo; s - segundos. *diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre MT (s) e MT realizado (s). †diferença significativa entre VP (m/s) e VR (m/s).
Fonte: Autor

A figura 09 demonstra o principal (A) e o segundo principal (B) estilo dos atletas participantes do estudo, assim como a característica dos nadadores (C) e participações em campeonatos (D), 47% (n=7) dos atletas reportaram que o principal estilo é o nado crawl e 53% (n=8) o segundo principal estilo é o medley, 54% (n=8) dos atletas consideram-se velocistas, 33% (n=5) meio fundistas e 13% (n=2) fundistas. Em participação em campeonatos, 60% (n=9) dos atletas reportaram participar de campeonatos nacionais, 13% (n=2) em campeonatos estaduais e internacionais e 14% (n=2) em campeonatos regionais.

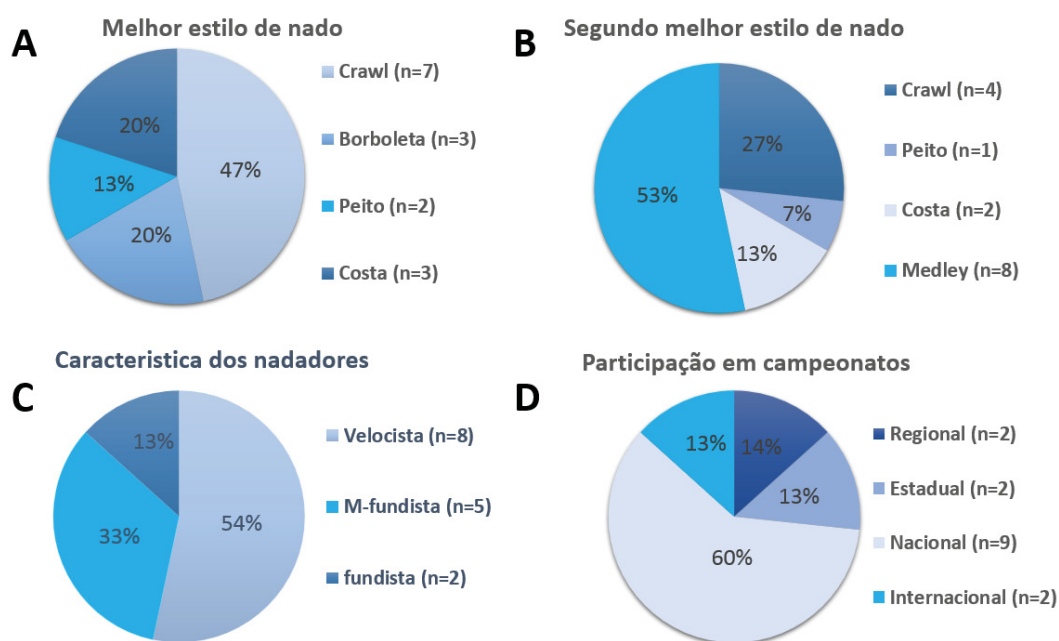


Figura 09 - Gráficos referentes as características competitivas da amostra. A: Melhor estilo dos atletas. B: Segundo melhor estilo dos atletas. C: Características dos nadadores. D: Participação em campeonatos. M- Fundista – Meio fundista. Fonte: Autor.

A figura 10 demonstra em percentual a principal prova (A) e a segunda principal prova (B) dos atletas que participaram do estudo. Como principal prova competitiva 20%

(n=3) dos atletas reportaram nadar 100m costa e 33,3% (n=5) o 200 medley como segunda principal prova.

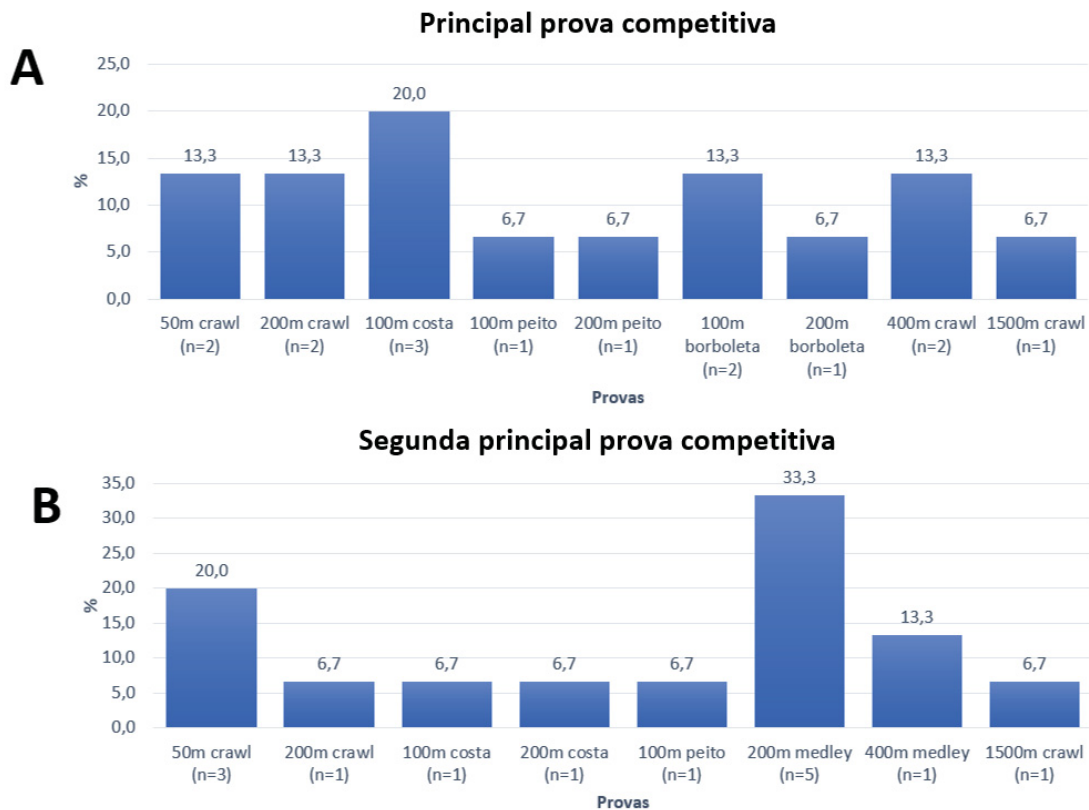


Figura 10 - Gráficos referentes as características de provas competitiva da amostra. A: Principal prova competitiva. B: Segunda principal prova competitiva. Fonte: Autor.

A tabela 06 exibe os resultados da identificação do D_{máxLa} e D_{máxPSE} nas intensidades em segundos, velocidade em metros por segundo e porcentagem da intensidade realizada, encontrada a partir do melhor tempo estabelecido (MT) anterior ao teste. O D_{max} lactato e D_{max} PSE ocorrem em intensidades próximas, contudo nenhuma variável apresentou diferença significativa entre os limiares ($p > 0,05$).

Tabela 06 – Médias de intensidade, velocidade e % de intensidade no LPSE e LL.

	D _{máxLa}	D _{máxPSE}	P
Intensidade (s)	69,46 ± 3,76	70,31 ± 3,81	0,54
Velocidade (m/s)	1,44 ± 0,08	1,42 ± 0,08	0,56
% IR no MT	84,40 ± 2,94	82,97 ± 3,08	0,20

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. MT – Melhor tempo, s – segundos, m/s – metros por segundo. *Diferença significativa entre a intensidade do D_{máxLa} e D_{máxPSE}, $p \leq 0,05$. Fonte: Autor.

A figura 11 mostra em um gráfico de velocidade em função dos valores de lactato e PSE a ocorrência do DmáxLa na velocidade de 1,42 m/s e DmáxPSE na intensidade de 1,44 m/s. Os valores encontrados ocorreram em velocidades diferentes, porém muito próximos sem diferenças estatisticamente significativas.

A tabela 07 mostra as médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de lactato e PSE na intensidade dos limiares encontradas pelo método Dmax. O valor mínimo para o lactato no limiar foi de 2,63 mmol.L⁻¹ e o máximo 6,76 mmol.L⁻¹, para a PSE o valor mínimo foi de 3,67 U.A. e máximo de 6,28 U.A.

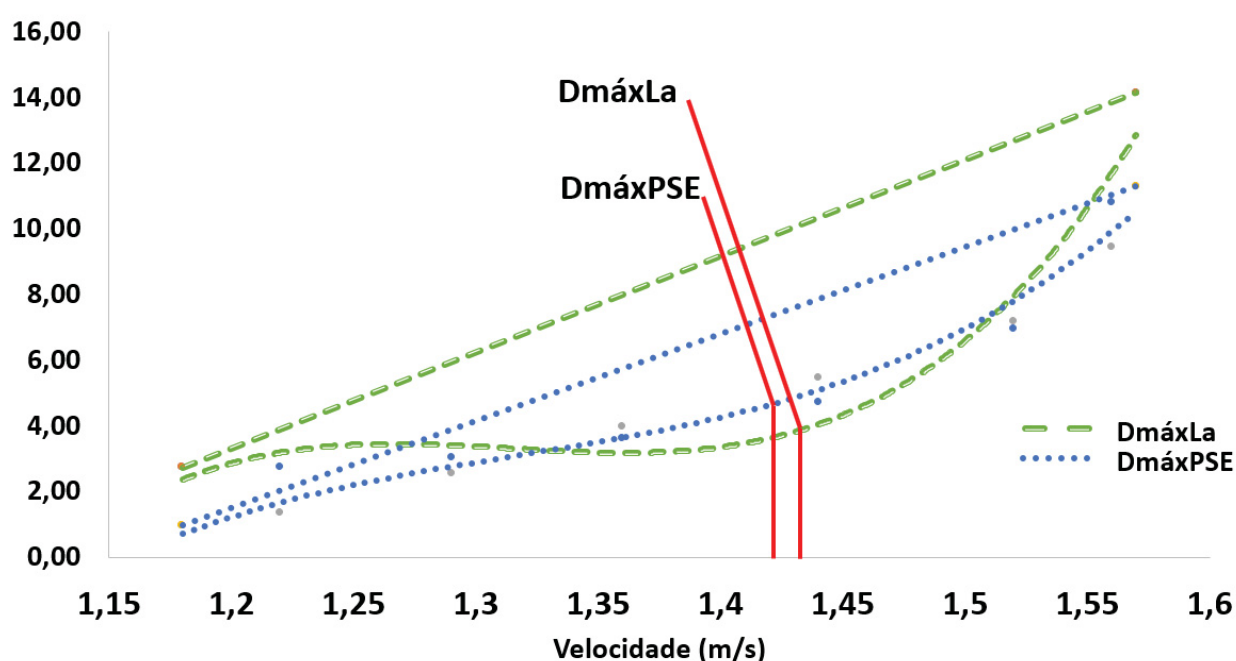


Figura 11 - Gráfico da identificação do DmáxLa e DmáxPSE nas velocidades. Fonte: Autor.

Tabela 07: Valores de lactato e PSE identificados nos limiares pelo método Dmax

	Lactato (mmol.L ⁻¹)	PSE (U.A.)
Valor no limiar método Dmax	4,30 ± 1,09	4,84 ± 0,92
Mínimo	2,63	3,67
Máximo	6,76	6,28

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. Fonte: Autor.

A figura 12 e 13 apresentam os gráficos do valor médio das [La] e PSE nas velocidades durante o protocolo de teste. O valor do DmaxLa acontece durante o quarto estímulo em uma [La] de 4,30 mmol.L⁻¹ encontrado na velocidade de 1,44 m/s e o DmaxPSE no quarto estímulo no valor de 4,84 U.A encontrado na velocidade de 1,42 m/s.

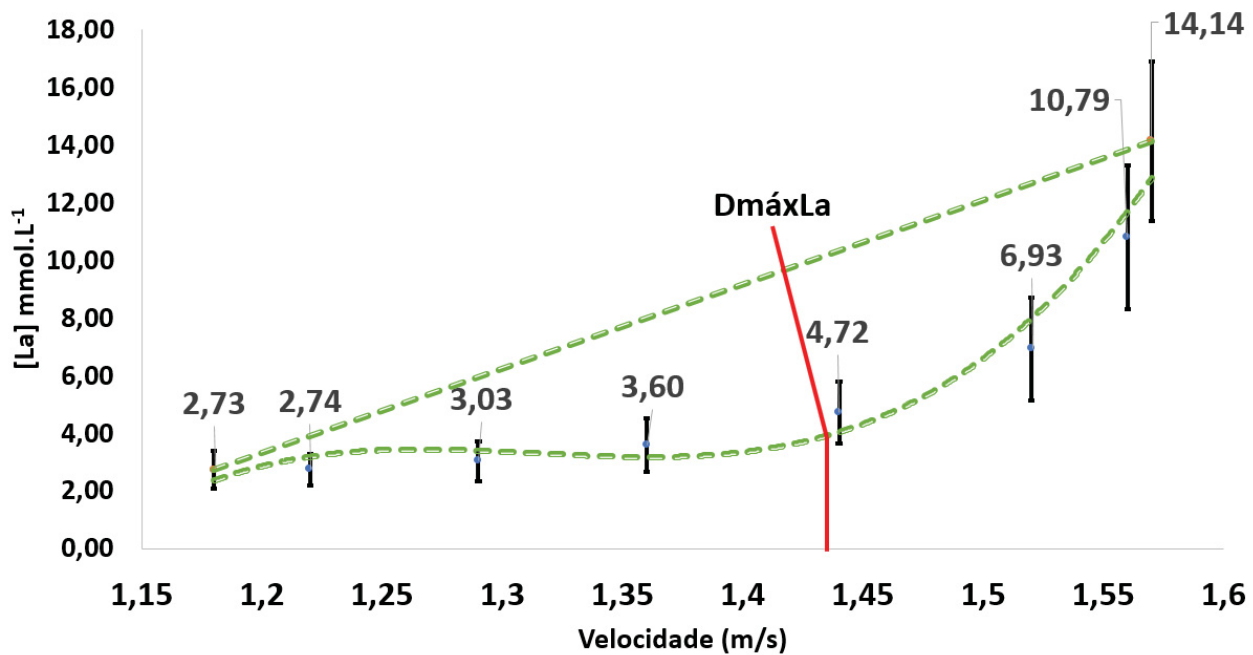


Figura 12 - Gráficos dos valores médio das [La] nas velocidades durante o protocolo de teste. Fonte: Autor.

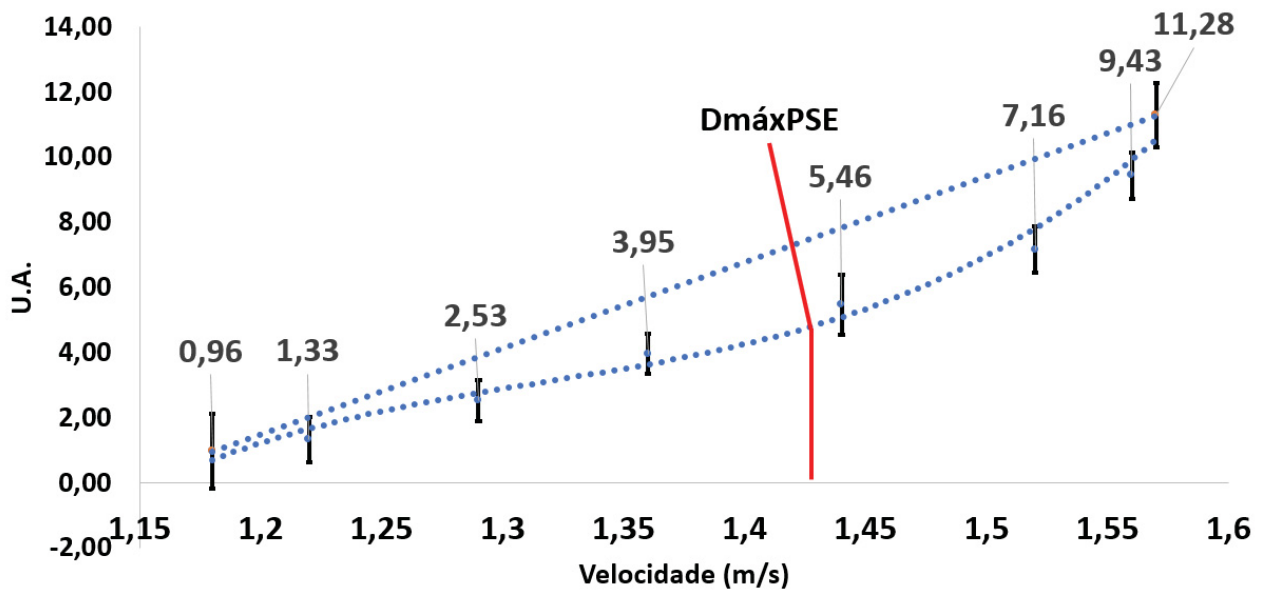


Figura 13 - Gráficos dos valores médio de PSE nas velocidades durante o protocolo de teste. Fonte: Autor.

A figura 14 mostra os gráficos de correlação (A) e análise de concordância (B), representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983) em segundos encontradas pelo método DmáxLa e DmáxPSE. Foi encontrado correlação positiva muito forte ($r=0,91$) com significância ($p=0,00$) entre as variáveis. O gráfico B mostra que ocorreu concordância entre as variáveis, a média das diferenças (viés) apresentadas foi de $-0,81$ ($SD= 1,59$) com limites de concordância de $2,27$ e $-3,39$.

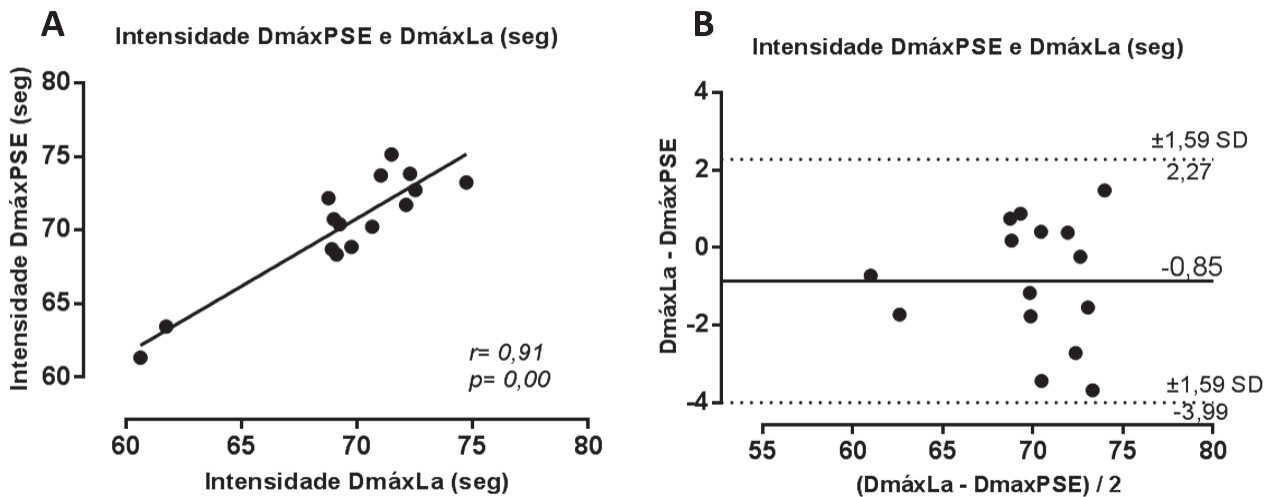


FIGURA 14 – Análises de correlação da intensidade em segundos encontrados pelo DmáxLa e DmáxPSE. (A) Correlação muito forte e significativa entre a intensidade em segundos do DmáxLa e DmáxPSE. (B) Análise de concordância, representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983), com a linha contínua representando a média das diferenças (viés) entre as variáveis e, as duas linhas extremas representando os limites de concordância ($\pm 1.59 \text{ SD}$ em relação à média das diferenças). SD – Desvio padrão. Fonte: Autor.

A figura 15 mostra os gráficos de correlação (A) e análise de concordância (B), representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983) em metros por segundos encontradas pelo método DmáxLa e DmáxPSE. Foi encontrado correlação positiva muito forte ($r=0,93$) com significância ($p=0,00$) entre as variáveis. O gráfico B mostra que ocorreu concordância entre as variáveis, a média das diferenças (viés) apresentadas foi de 0,01 (SD= 0,03) com limites de concordância de 0,07 e -0,04.

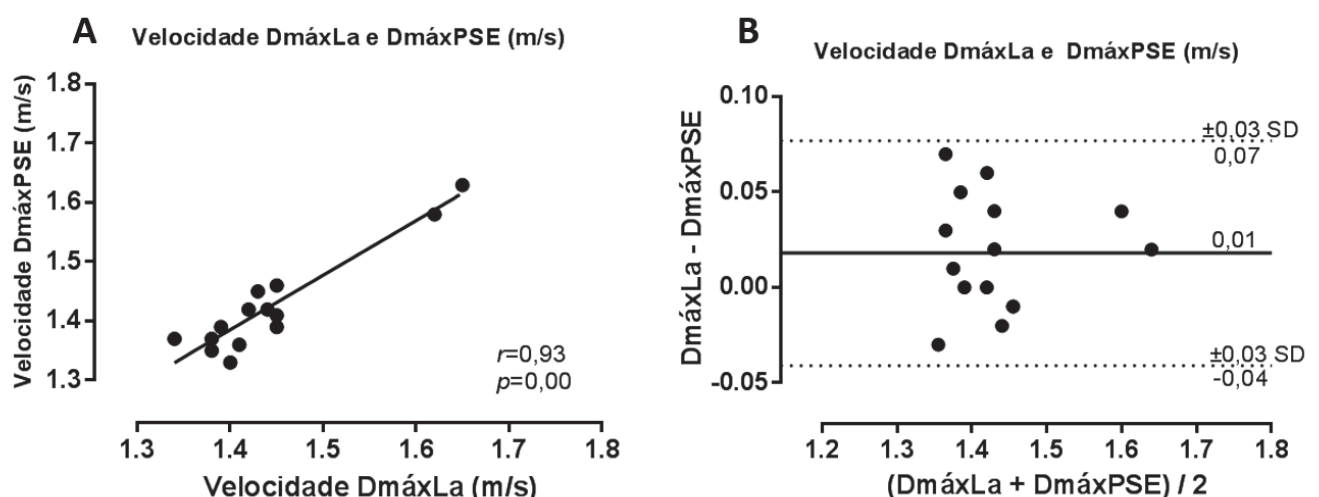


FIGURA 15 – Análises de correlação da velocidade em metros por segundos encontrados pelo DmáxLa e DmáxPSE. (A) Correlação muito forte e significativa entre a velocidade em metros por segundos do DmáxLa e DmáxPSE. (B) Análise de concordância, representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983), com a linha contínua representando a média das diferenças (viés) entre as variáveis e, as duas linhas extremas

representando os limites de concordância ($\pm 0,03$ SD em relação à média das diferenças). SD – Desvio padrão. Fonte: Autor.

A figura 16 mostra os gráficos de correlação (A) e análise de concordância (B), representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983) no % da intensidade no melhor tempo encontradas pelo método DmáxLa e DmáxPSE. Foi encontrado correlação positiva moderada ($r=0,60$) com significância ($p=0,01$) entre as variáveis. O gráfico B mostra que ocorreu concordância entre as variáveis, a média das diferenças (viés) apresentada foi de 1,01 (SD= 1,92) com limites de concordância de 4,77 e -2,75.

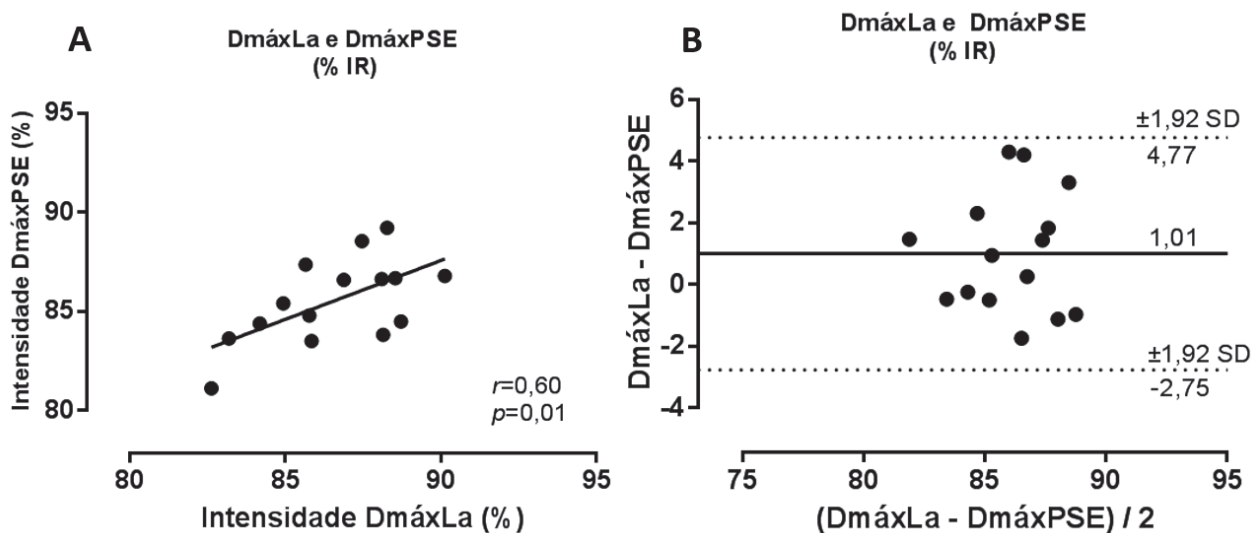


FIGURA 16 – Análises da intensidade em porcentagem da intensidade realizada pelo melhor tempo, encontrados pelo DmáxLa e DmáxPSE. (A) Correlação moderada e significativa entre o % intensidade no DmáxLa e DmáxPSE. (B) Análise de concordância, representada pelo gráfico de Bland-Altman (1983), com a linha contínua representando a média das diferenças (viés) entre as variáveis e, as duas linhas extremas representando os limites de concordância ($\pm 1,92$ SD em relação à média das diferenças). SD – Desvio padrão, MT- melhor tempo. Fonte: Autor.

8. DISCUSSÃO

Ao realizarmos uma comparação dos valores antropométricos da amostra estudada, os valores de % de gordura, peso e tempo de treinamento neste estudo estão de acordo com estudos em nadadores que a literatura descreve (tabela 04). Sousa et al., (2013) em seu estudo encontrou valores de $10,5 \pm 1.6$ no % de gordura e $75,9 \pm 6.2$ kg no peso de dez atletas de elite do sexo masculino nadadores de crawl com idade média de

20.8 \pm 2.3 anos e com experiencia de treino maior que dez anos. Zacca et al., (2010) avaliou dois grupos de nadadores, endurance e velocistas, sendo um total de 14 atletas de nível nacional com idade média de 14.4 \pm 0 e 14.43 \pm 0.53 anos, todos os atletas com experiencia competitiva de 5 \pm 1 anos. Os valores antropométricos encontrados para os velocistas (n=7) foram para o peso 60.04 \pm 4.65 kg; estatura 172.86 \pm 5.57 cm; e envergadura 177.0 \pm 6.54 cm, nos atletas de endurance (n=7) os valores médios para peso foram 56.21 \pm 9.83 kg; estatura 173.86 \pm 9.02 cm; e envergadura 180.79 \pm 9.60 cm. De Jesus et al., (2015) também encontrou valores antropométricos semelhantes em um grupo de 20 atletas nadadores com idade medias de treinamento de 10.5 \pm 3.6 anos, os atletas que participaram do estudo apresentaram valores de idade de 18.8 \pm 3.3 anos; peso 72.7 \pm 5.8 kg; estatura 178.2 \pm 6.0 cm; e percentual de gordura de 10.6% \pm 2.1%.

Em nosso estudo o lactato foi a variável fisiológica utilizada para identificação dos limiares de transição fisiológico do atleta. O valor da [La] encontrada no LL pelo método Dmáx corroboram com outros estudos (tabela 07). Os autores Di Michele et al. (2012) em seu estudo o qual teve o objetivo de estimar o limiar anaeróbio à partir da variabilidade da FC, avaliou 14 nadadores (6 homens e 4 mulheres) de alto rendimento com idade média masculina de 19,6 \pm 3,0 e feminino de 15,5 \pm 6,0 em um teste incremental de 7x200m crawl, os valores encontrados das [La] no limiar anaeróbio corresponderam a 3,9 \pm 1,3 mmol.L⁻¹ em velocidades de 1.47 \pm 0.11 m/s .

Em outro estudo Soultanakis, Mandaloufas, Platanou (2012) verificou o impacto do treinamento durante 4 semanas em alta intensidade vs alto volume no limiar de lactato em 13 atletas nadadores destreinados com idade média de 19,0 \pm 0,5 anos. Neste estudo os atletas foram divididos em dois grupos, alta intensidade e alto volume, o grupo de alta intensidade realizou treinamentos de sprint, nadando um total de 1800m \pm 210m. O grupo de alto volume o seguiu o mesmo programa de treinamento do grupo de alta intensidade, porém com um volume maior de 1100m (38%). Os autores verificaram que as concentrações de lactato sanguíneo no limiar anaeróbio pós treinamento comparado com o período pré treinamento não teve diferença significativa em ambos os grupos, para o grupo de alta intensidade os valores no limiar anaeróbio foram de 4.96 \pm 1.37 mmol.L⁻¹ pré treinamento e 3.92 \pm 0.99 mmol.L⁻¹ pós treinamento, e para o grupo de treinamento com alto volume os valores de lactato no limiar anaeróbio foram de 6.08 \pm 1.78 mmol.L⁻¹ pré treinamento e 5.12 \pm 1.29 mmol.L⁻¹ pós treinamento, no entanto as velocidades nos limiares pós treinamento em comparação ao pré treinamento para ambos os grupos aumentaram de 1.20 \pm 0.12 m/s para 1.32 \pm 0.12 m/s mostrando diferenças significativas.

Ainda em relação a valores de [La] Adelino et al. (2017) avaliou os efeitos de 11 semanas de um programa de treinamento de natação em nado livre verificando os parâmetros aeróbios e de braçada no nado atado em atletas jovens com idade média de 16.0 ± 1.5 anos. No estudo foram realizadas avaliações anteriores a aplicação do método para determinar o limiar anaeróbio e verificar as [La] dos atletas no limiar anaeróbio. Os autores encontraram valores de lactato muito próximos, $4.01 \pm 1.22 \text{ mmol.L}^{-1}$ nas velocidades de $1.42 \pm 0.11 \text{ m/s}$ pré intervenção e $4.59 \pm 0.90 \text{ mmol.L}^{-1}$ nas velocidades de 1.53 ± 0.08 pós intervenção, estatisticamente não foi encontrado diferença significativa entre os valores de lactato ($p > 0,05$), porém ocorreu diferenças significativas entre velocidades ($p \leq 0,05$).

E um outro estudo, os autores Holfelder, Brown e Bubeck (2013) teve como objetivo principal em seu estudo buscar melhorar a interpretabilidade de diagnósticos de lactato na natação, analisando variáveis como sexo, distancia, estilo de nado nas [La] e percentual do melhor tempo no limiar anaeróbio em nadadores. Em um conjunto de 3068 dados coletados em um período de 18 anos, foi analisado os dados de 398 atletas sendo 170 atletas do sexo feminino com idade média de 16.94 ± 2.78 anos e 228 atletas do sexo masculino com idade média de 19.10 ± 3.17 anos. Nos resultados os autores mostram os valores das concentrações de lactato em diferentes provas para os dois sexos junto com o valor percentual da intensidade no limiar anaeróbio identificado pelo melhor tempo do atleta. As [La] no limiar anaeróbio dos atletas masculinos nadadores de crawl foram encontrados nos valores médios de $6.19 \pm 0.99 \text{ mmol.L}^{-1}$, valores um tanto elevados quando comparado ao $4,30 \pm 1,09 \text{ mmol.L}^{-1}$ encontrados em nossa pesquisa.

Outro dado que corrobora com nosso estudo é o valor percentual da intensidade no limiar anaeróbio a partir do MT (tabela 06). Holfelder, Brown e Bubeck (2013) descrevem que o percentual da intensidade no limiar anaeróbio foi identificado em $84.93 \pm 2.83 \%$, em nossa pesquisa foi encontrado um valor percentual de $84,40 \pm 2,94 \%$ no $D_{\text{máxLa}}$ e $82,97 \pm 3,08 \%$ no $D_{\text{máxPSE}}$. Os valores percentuais do limiar anaeróbio a partir do MT foram encontrados muito próximos, desta forma pode-se dizer que a identificação do limiar anaeróbio em valores de [La] pelo método Dmax e identificação do % da intensidade em nosso estudo está de acordo com o que a literatura descreve para as variáveis descritas.

O teste progressivo é um dos testes mais utilizados para verificar o comportamento do lactato. Em resposta ao exercício progressivo as concentrações de lactato aumentarão de uma maneira exponencial uma vez que a intensidade no LL for

excedida. Neste tipo de teste as [La] aumentam gradualmente no início e depois mais rapidamente à medida que o exercício se torna mais intenso (GOODWIN et al., 2007). Rehunen et al. (1982) descreveram como exemplo do comportamento de lactato em diferentes indivíduos característicos de determinadas provas que, corredores velocistas possuem valores superiores das [La] imediatamente após e no quinto minuto de recuperação de um exercício intermitente máximo, quando comparado com corredores de longa distância. As [La] imediatamente após um teste progressivo até a exaustão com duração de 30 segundos até 3 minutos podem variar de 8 a 10 mmol.L⁻¹, valores de 15 a 25 mmol.L⁻¹ podem ser observados de 3 a 8 minutos após o teste (GOODWIN et al., 2007).

Em 1930 Owles (1930) foi o primeiro a relatar sobre o “limiar” quando mediu sua própria [La] em resposta a andar em intensidades variadas. Determinar um principal ponto que representa o limiar em um teste progressivo tem sido o objetivo de diversas pesquisas (FABRE et al. 2013; FERREIRA et al. 2014; CONDE et al. 2014), diferentes métodos têm sido propostos para determinar o LL, dentre eles podemos descrever o método Dmax, inspeção visual e OBLA. Autores utilizaram o VO₂ para determinar o valor da [La] fixa do lactato em 4 mmol.L⁻¹ (SJÖDIN, JACOBS, 1981; HECK et al., 1985), essa [La] fixa de 4 mmol.L⁻¹ tornou-se conhecida como o início de acúmulo de lactato no sangue (OBLA). Os métodos que utilizam os valores fixos de [La] são mais simples, pois exige apenas que o avaliador combine os valores de lactato com a intensidade desejada. Contudo a variância de valores do LL entre indivíduos é muito comum. Para Stegmann, Kindermann, Schnabel, (1981) utilizar os valores fixos das [La] para todos os sujeitos pode ser bastante enganoso, pois os valores das [La] podem variar de 1,4 mmol.L⁻¹ até 7,5 mmol.L⁻¹ em diferentes indivíduos, modalidades e intensidades de exercício.

Em nosso estudo foi utilizado um teste progressivo a cada estímulo, e o modo de identificação utilizado foi o método Dmax, este método possui boa correlação com os diferentes métodos de identificação do LL mencionados e considera o valor individual de cada atleta, os valores médios de [La] em nosso estudo está de acordo e próximo ao que a literatura descreve no OBLA (concentração de 4 mmol.L⁻¹). Desta forma podemos descrever que este protocolo junto ao método proposto pode ser utilizado para identificar o LL de atletas nadadores (tabela 07).

Os autores Fabre et al. (2013) foi um dos primeiros autores a aplicar o método Dmax para PSE. Seu estudo teve o objetivo de testar a hipótese de que o método Dmáx

poderia ser aplicada para a PSE com intuito de propor um novo método para a identificação individual do limiar de lactato (LL) (2 e 4 mmol.l-1) usando a PSE durante um teste incremental à exaustão. Vinte e um indivíduos fisicamente ativos (13 homens e 8 mulheres, idade $20,9 \pm 5,9$ anos, estatura $172,9 \pm 8,3$) participaram de um teste progressivo em um ciclo ergômetro até a exaustão. Os resultados demonstram que Dmax PSE e Dmax LL não foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) e mostraram também uma forte correlação ($r = 0,97$) o valor de percepção encontrada no DmáxPSE pela escala CR-100 de Borg foi de 35.3 ± 11.8 U.A. Os autores descrevem que o Dmax nas respostas da PSE permite estimar o LT individualizado durante um teste progressivo.

O estudo de Costa (2017) teve o objetivo investigar a possibilidade da utilização do DmáxPSE e PDFC para a identificação e predição do limiar ventilatório (LV) em corredores de montanhas, o estudo mostrou que foi possível observar semelhança entre o LPSE e o LV ($p > 0,05$), também foi encontrado forte correlação entre FC e DmáxPSE ($r = 0,79$; $p = 0,00$) e % FC no DmáxPSE ($r = 0,87$; $p = 0,00$) junto com baixo viés, no gráfico de Bland-Altman, indicando boa concordância. Os valores de percepção de esforço no LV pela escala CR-10 de Borg foi de 4.29 ± 0.75 U.A., no DmáxPSE 3.71 ± 1.26 U.A. e no PDFC 4.58 ± 1.10 U.A. não ocorrendo diferença significativa entre as variáveis ($p > 0.05$).

Os autores Ferreira et al. (2014) avaliaram o efeito de uma dieta com redução de carboidratos nas respostas perceptivas em um teste incremental no ciclo ergômetro com nove indivíduos ativos. O estudo não encontrou diferença significativa entre o DmáxLL e DmáxPSE ($p > 0,05$), outro achado importante neste estudo é que foi apontado uma correlação significativa ($r = 0.75$; $p \leq 0.05$) para a intensidade de ocorrência em ambos os métodos, no grupo “dieta controle”. Os valores de PSE no DmáxPSE foram $3,7 \pm 1,5$ U.A. para o grupo com redução de carboidrato e $3,4 \pm 1,9$ U.A. para o grupo controle ($p > 0.05$) e os valores de PSE no DmáxLa fora $3,4 \pm 1,2$ U.A. para o grupo com redução de carboidrato e $3,9 \pm 1,1$ U.A. para o grupo controle ($p > 0.05$).

Em um teste incremental máximo em esteira Conde et al. (2014) investigou nove homens de idade $22,2 \pm 2,7$ anos. Seu estudo teve como objetivo identificar o LL e o PDFC pelo DmáxPSE. Como resultado o DmáxPSE apresentou poder preditivo razoável para determinar o LT. Os valores de PSE foram $5,4 \pm 1,9$ U.A. no DmáxPSE, $5,9 \pm 2,1$ U.A. no PDFC e $4,9 \pm 1,3$ U.A. no LT. Ferreira et al. (2016) investigou se a PSE é sensível para detectar as diferenças entre atletas ciclistas e indivíduos fisicamente ativos em vinte e quatro homens (13 atletas ciclistas e 11 fisicamente ativos) com idade de 35.9

± 9.3 anos, como resultado o DmáxPSE foi estatisticamente diferente do DmáxLa em todas as variáveis ($p \leq 0,05$). Desta forma o DmáxPSE conseguiu discriminar as diferenças entre ciclistas bem treinados e indivíduos fisicamente ativos. Os valores de PSE no DmáxPSE e DmáxLa pela escala de Borg CR-100 em atletas de endurance foram 31 ± 13 U.A. e 48 ± 18 U.A. e em indivíduos fisicamente ativos 27 ± 7 U.A. e 48 ± 19 U.A.

Os autores Abe et al., (2015) avaliaram a inter-relação entre as escalas de PSE, Borg CR-10, Borg 6-20 e [La] durante testes incrementais de corrida em esteira para jovens do sexo feminino com diferentes níveis de aptidão aeróbia. O estudo foi dividido em três grupos, 15 corredoras de longa distância, 6 atletas de marcha atlética e 11 corredoras destreinadas. Os resultados mostraram que o grupo de mulheres destreinadas tiveram uma menor PSE no LT do que os grupos de marchadoras e corredoras de longa distância não tendo diferença significativa nos valores de PSE na escala CR-10 entre grupos. Os valores de PSE CR-10 no OBLA foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) para o grupo de mulheres destreinadas com valores de 5.8 ± 1.5 U.A. em comparação com o grupo de corredoras de longa distância, o qual apontaram valores de 7.0 ± 1.3 U.A. Os valores de PSE no LT não tiveram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupos, os valores de PSE para o grupo de mulheres destreinadas foram de 3.18 ± 0.87 U.A., para as marchadoras 3.83 ± 1.17 U.A. e corredoras de longa distância 3.40 ± 0.83 U.A.

Ainda em Estudos verificando a PSE, Zamunér et al. (2011) em seu estudo verificou a relação entre LV e PSE usando a escala de Borg CR-10 em mulheres fisicamente ativas e sedentárias. Participaram do estudo quarenta mulheres jovens saudáveis, fisicamente ativas e sedentárias de idade média de $23,1 \pm 3,52$ anos o qual foram divididas em dois grupos de acordo com nível de aptidão física: grupo ativo e grupo sedentário, os grupos realizaram um teste progressivo no cicloergômetro. durante o teste os avaliados reportaram na escala de Borg CR-10 sua percepção em dispneia e fadiga. Os autores verificaram correlações significativas entre FC, potência, VO_2 e PSE para ambos os grupos, no entanto as diferenças das médias de PSE para fadiga e dispneia no LT não foram estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Como conclusão os autores descrevem que o valor de PSE 5 de ancoragem “forte” podem ser utilizados como parâmetros para quantificar o exercício aeróbio intensidade para indivíduos ativos e sedentários no limiar anaeróbio.

De acordo com diferentes estudos a utilização do método DmáxPSE parece ser equivalente em intensidades similares aos limiares ventilatórios e de lactato, em nosso estudo o LL e o LPSE foram encontrados em valores próximos no tempo segundos (figura

14) na velocidade (figura 15), no percentual da intensidade à partir do MT (figura 16), sem diferenças significativas ($p>0,05$) entre as intensidades. Outro achado importante em nosso estudo é que o valor de PSE reportado pelos atletas nadadores identificados pelo método $D_{\text{máx}}$ ($4,84 \pm 0,92$) se encontra dentro do que a literatura descreve e próximo ao valor que os autores e Monnier-Benoit, Gros Lambert, Rouillon (2009) e Zamuner et al. (2011), citam em seu estudo como PSE do Limiar anaeróbio. Também quando identificado o LPSE e o LL pelo $D_{\text{máxPSE}}$ e $D_{\text{máxLa}}$ plotados em um gráfico das médias das variáveis pelos estímulos, foi identificado os valores dos limiares ocorrendo no 4º estímulo para a PSE e o Lactato (figura 12 e figura 13). Desta forma pode se dizer que para o grupo de atletas que participaram do estudo os tempos aproximados do 4º estímulo é próximo ao LL.

A correlação encontrada no $D_{\text{máxLa}}$ e $D_{\text{máxPSE}}$ para as variáveis tempo em segundos ($r=0,91$), e velocidade em metros por segundo ($r=0,93$) é considerada uma correlação positiva muito forte com significância ($p=0,00$) entre as variáveis. Para a variável % da intensidade no MT ($r=0,60$) foi encontrado correlação positiva moderada com significância ($p=0,01$). Os valores de correlação encontrados corroboram com outros estudos citados anteriormente, realizados em testes incrementais em diferentes indivíduos. É importante relatar que em diferentes estudos a abordagem estatística, como na correlação, as variáveis podem ter valores consideráveis para uma boa correlação, porém não apresentar concordância entre as variáveis. Por esta razão, o presente estudo adotou, além da correlação, a confirmação da concordância, através do plot de Bland-Altman (1983) (figuras 14, 15 e 16), o qual todas as variáveis apresentadas mostraram concordância entre o $D_{\text{máxLa}}$ e $D_{\text{máxPSE}}$.

O mecanismo pelo qual o $D_{\text{máxPSE}}$ e os métodos padrão ouro para a determinação do LT se relacionam, ainda não estão bem compreendidos. O modelo do governador central tem sido utilizado para explicar as relações entre a PSE e as variáveis fisiológicas (Noakes, Peltonen, e Rusko, 2001). Os resultados obtidos nas investigações de Fabre et al., (2013) e Ferreira et al., (2014) estão de acordo com este modelo, o qual descreve que a PSE é gerada a partir de um mecanismo de retroalimentação, em que os grupos aferentes III e IV sinalizam para o sistema nervoso central (SNC) a condição muscular durante o exercício (*feedback*), com base na quantidade de glicogênio disponível, estresse metabólico, pH, além de informações externas como altitude e temperatura, e, estas informações são interpretadas pelo cérebro, no qual é gerada a PSE (*feedforward*) (Noakes, Peltonen, e Rusko, 2001). Possivelmente, no estudo de

Ferreira et al. (2016), a tarefa dissociou o DmaxPE e o DmaxLa porque [La] e PSE tiveram um tempo de resposta diferente. No entanto, outras variáveis além do lactato também podem influenciar a PSE, fazendo aumentar mais rápido em comparação com às [La].

Eston (2012) descreve que o entendimento de alguns processos e compreensão dos mecanismos de regulação da PSE durante cargas auto selecionadas e prescritas de baixas intensidades esta diretamente relacionada ao entendimento do funcionamento do cérebro. Uma combinação de técnicas de avaliação da atividade neurológica durante o exercício, como eletroencefalografia, espectroscopia e ressonância magnética funcional, poderá contribuir em avanços significativos em nossa compreensão da antecipação e natureza regulatória da PSE durante o exercício.

Segundo Bem-sira (1986) o significado de fadiga e PSE são muito parecidas durante ou após uma sessão de exercício físico intenso. Segundo Borg (2000) os três contínuos do esforço (perceptivo, de desempenho e fisiológico) dão informações relativamente diferentes, e todas as variáveis pertencentes aos três contínuos não estão linearmente relacionadas entre si. Rama et al. (2017) descreve para que a resposta completa do esforço realizado por um indivíduo é importante coletar e unir as informações dos três contínuos de esforço pois estes se completam entre si. Obtendo esta informação, irá se ter a percepção de esforço de forma mais significativa demonstrando o quão pesada e extenuante uma tarefa física se apresenta. No entanto esta definição não oferece qualquer medição direta do grau de percepção de esforço. Pode -se dizer que a medida de percepção de esforço é o grau de peso e tensão vividos durante o trabalho físico, e estimado de acordo com um método específico de classificação.

Considerando os diferentes tipos de escala de PSE. É importante ressaltar que a escolha da escala para a execução do teste é muito importante. Maglischo (2000) com intuito de monitorar a intensidade de treino de atletas nadadores descreve que a escala de PSE de Borg 6-20 pode ser utilizada para o controle de carga do treinamento, contudo há a necessidade que seja aplicado uma familiarização com a escala em diferentes intensidades do exercício para que ao atleta habitue-se a escala. Inicialmente a escala original de Borg tinha o intuito de mostrar a relação entre o esforço percebido e o ritmo cardíaco pela escala de Borg 6-20, no entanto o autor percebeu que a escala não era apropriada para estudos que envolvessem a sensação associada a variáveis fisiológicas, como por exemplo as [La] as quais não se relacionava linearmente com a intensidade do exercício.

Posteriormente Borg introduziu a escala a qual chamamos de Cr-10, escala de 10 pontos, com esta escala Borg (2000) verificou boa correlação entre a escala e valores de lactato. Maglischo (1993) relata que a principal vantagem desta escala é que a mesma possibilita aos nadadores adequar a intensidade de treino, no entanto a principal desvantagem da utilização deste tipo de instrumento no controle do treinamento está relacionada a falta de exatidão na quantificação das intensidades do treinamento. Desta forma a escala de Borg CR-10 é recomendada de acordo com a literatura para teste progressivo máximo.

9. CONCLUSÃO

Os resultados da presente pesquisa indicam que LPSE pode ser considerado um bom estimador do LL em atletas nadadores em um teste progressivo. Foram encontrados valores próximos de intensidade em segundos, velocidade e % da intensidade no $D_{\max}La$ e $D_{\max}PSE$, sem diferença significativa entre as intensidades e correlações moderada e muito forte com concordância indicados pelo gráfico de Bland-Altman.

Os valores de Lactato encontrado no limiar correspondem as concentrações no OBLA, e a PSE reportada no limiar ao score fixo proposto por Zamunér e a escala Cr-10 de Borg mostrou ser adequada ao objetivo do estudo na identificação do limiar da PSE pelo método D_{\max} na natação.

É importante descrever que algumas limitações quanto ao uso da PSE em atletas podem influenciar os resultados a serem obtidos, é relevante destacar que a PSE deve ser bem elucidada ao atleta, o mesmo deve ter uma familiaridade com a escala e fazer o uso dela durante determinado tempo em seu treinamento para alcance de resultados mais fidedignos ao teste e controle da intensidade.

REFERÊNCIAS

- ABBISS, Chris R.; PEIFFER, Jeremiah J. The influence of afferent feedback, perceived exertion and effort on endurance performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 458-468, 2010.
- ABE, Daijiro et al. Relationship between perceived exertion and blood lactate concentrations during incremental running test in young females. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 7, n. 1, p. 5, 2015.
- ADELINO, S. R. et al. Tethered swimming for the evaluation and prescription of resistance training in young swimmers. **International journal of sports medicine**, 2017.
- ALTMAN, Douglas G.; BLAND, J. Martin. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. **The statistician**, p. 307-317, 1983.
- AMANN, Markus; SECHER, Niels H. Point: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is an important determinant of endurance exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 452-454, 2010.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE et al. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
- ARNOLD, Djenyfer. Concentração de lactato sanguíneo e nível de cansaço percebido de nadadores em diferentes zonas de intensidade de treinamento. **Educação Física Bacharelado-Pedra Branca**, 2015.
- ARSA, Gisela et al. Limiar anaeróbio a partir da pse em exercício resistido por modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 2, p. 113-117, 2016.
- BALDARI, Carlo; GUIDETTI, Laura. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 10, p. 1798-1802, 2000.
- BANISTER, E. W. Modeling elite athletic performance. **Physiological testing of elite athletes**, p. 403-424, 1991.

BANISTER, E. W. The perception of effort: an inductive approach. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 41, n. 2, p. 141-150, 1979.

BARBANTI, Valdir José; TRICOLI, Valmor; UGRINOWITSCH, Carlos. Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 18, n. 8, p. 101-109, 2004.

BAUMGART, Julia K.; SKOVERENG, Knut; SANDBAKK, Øyvind. Comparison of peak oxygen uptake and test-retest reliability of physiological parameters between closed-end and incremental upper-body poling tests. **Frontiers in physiology**, v. 8, 2017.

BELINCHON-DEMIGUEL, Pedro; CLEMENTE-SUÁREZ, Vicente Javier. Psychophysiological, Body Composition, Biomechanical and Autonomic Modulation Analysis Procedures in an Ultraendurance Mountain Race. **Journal of medical systems**, v. 42, n. 2, p. 32, 2018.

BEN-SIRA, D. The Perception of effort during physical exercise. **Zaichowsky L & Fuchs C. The psychology of motor behaviour. Movements Publications, Inc. Australia**, 1986.

BENTLEY, David J. et al. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 12, p. 2077-2081, 2001.

BERG, A. et al. Current aspects of modern ergometry. **Pneumologie (Stuttgart, Germany)**, v. 44, n. 1, p. 2, 1990.

BILLAR, V. et al. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sports science. **Sport Med**, v. 33, n. 6, p. 407-26, 2003.

BISHOP, David; DE VRIJER, Aukje; MENDEZ-VILLANUEVA, Alberto. Both afferent feedback and psychobiological factors are important. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 461-462, 2010.

BORG, Elisabet. **On perceived exertion and its measurement**. 2007. Tese de Doutorado. Psykologiska institutionen.

BORG, Elisabet; KAIJSER, Lennart. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 16, n. 1, p. 57-69, 2006.

BORG, G. A general scale to rate symptoms and feelings related to problems of ergonomic and organizational importance. **G Ital Med Lav Ergon**, v. 30, n. 1 Suppl, p. A8-A10, 2008.

BORG, G. A. Perceived exertion on a note on history and methods. **Med Sci Sports**, v. 5, p. 90, 1973.

BORG, G. The perception of physical performance. **Frontiers of fitness**, p. 280-294, 1971.

BORG, G.; DAHLSTROM, H. A pilot study of perceived exertion and physical working capacity. **Acta Societatis Medicorum Upsaliensis**, v. 67, p. 21, 1962.

BORG, Gunnar A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med sci sports exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BORG, Gunnar AV. **Physical performance and perceived exertion**. Lund: Gleerup, 1962.

BORG, Gunnar. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. **Scand j rehabil med**, v. 2, p. 92-98, 1970.

BORG, Gunnar. **Borg's perceived exertion and pain scales**. Human kinetics, 1998.

BORG, Gunnar. **Escalas de Borg para a dor e o esforço: percebido**. Manole, 2000.

BORG, Gunnar; BORG, Elisabet. A new generation of scaling methods: Level-anchored ratio scaling. **Psychologica**, v. 28, n. 1, p. 15-45, 2001.

BORG, Gunnar; LJUNGGREN, Gunilla; MARKS, Lawrence E. **General and differential aspects of perceived exertion and loudness assessed by two new methods**. Department of Psychology, University of Stockholm, 1985.

BRANDÃO, M.; PEREIRA, M.; OLIVEIRA, R.; MATSUDO, V. Percepção do esforço: uma revisão da área. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. Vol. 3. Num. 1, p.34-40. 1989.

BROOKS, George A. Bioenergetics of exercising humans. **Comprehensive Physiology**, 2012.

BROOKS, GEORGE A. Lactate doesn't necessarily cause fatigue: why are we surprised?. **The Journal of physiology**, v. 536, n. 1, p. 1-1, 2001.

BROOKS, George A. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. **Cell metabolism**, v. 27, n. 4, p. 757-785, 2018.

CAMPOS, Eduardo Zapaterra et al. The response of the lactate minimum test to a 12-week swimming training. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 20, n. 3, p. 286-291, 2014.

CARTON, Richard L.; RHODES, Edward C. A critical review of the literature on ratings scales for perceived exertion. **Sports Medicine**, v. 2, n. 3, p. 198-222, 1985.

CHENG, B. et al. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. **International journal of sports medicine**, v. 13, n. 07, p. 518-522, 1992.

CHOI, Seung Wook et al. Effect of wearing clothes on oxygen uptake and ratings of perceived exertion while swimming. **Journal of physiological anthropology and applied human science**, v. 19, n. 4, p. 167-173, 2000.

CLEMENTE, F. M. et al. Seasonal player wellness and its longitudinal association with internal training load: study in elite volleyball. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2018.

CLEMENTE-SUÁREZ, Vicente Javier et al. The effects of two different swimming training periodization on physiological parameters at various exercise intensities. **European journal of sport science**, v. 17, n. 4, p. 425-432, 2017.

CLEMENTE-SUÁREZ, Vicente Javier; ARROYO-TOLEDO, J. J. Use of biotechnology devices to analyse fatigue process in swimming training. **Journal of medical systems**, v. 41, n. 6, p. 94, 2017.

COB. Como chegar ao top10 metas. 2015. <https://www.cob.org.br/pt/time-brasil/como-chegar-ao-top10-metas>.

CONDE, Juan Henrique Szymczak et al. Identification of the lactate threshold and the heart rate deflection point by the perceived exertion curve. **J Exerc Physiol Online**, v. 17, n. 3, p. 32-38, 2014.

COSTA, Mário J. et al. Physiological adaptations to training in competitive swimming: A systematic review. **Journal of human kinetics**, v. 49, n. 1, p. 179-194, 2015.

COSTA, Poliana de Lima. Predição dos limiares de transição fisiológica em corredores de montanhas a partir da curva de esforço percebido durante teste progressivo. 2017.

CRAIG, A. D. Interoception: the sense of the physiological condition of the body. **Current opinion in neurobiology**, v. 13, n. 4, p. 500-505, 2003.

CRAIG, Arthur D.; CRAIG, A. D. How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. **Nature reviews neuroscience**, v. 10, n. 1, 2009.

CRYTZER, Theresa M. et al. Exercise Prescription Using a Group-Normalized Rating of Perceived Exertion in Adolescents and Adults With Spina Bifida. **PM&R**, 2018.

CZUBA, Miłosz et al. Intermittent hypoxic training improves anaerobic performance in competitive swimmers when implemented into a direct competition mesocycle. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0180380, 2017.

CZUBA, Miłosz et al. Lactate threshold (D-Max Method) and maximal lactate steady state in cyclists. **Journal of Human Kinetics**, v. 21, p. 49-56, 2009.

DA FONSECA, Sueli Ferreira et al. Confiabilidade do limiar de lactato identificada pelo método visual. **Acta Fisiátrica**, v. 18, n. 1, p. 16-20, 2016.

DAVIS, James A. et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 41, n. 4, p. 544-550, 1976.

DE ANDRADE NOGUEIRA, Francine Caetano et al. Relationship between training volume and ratings of perceived exertion in swimmers. **Perceptual and motor skills**, v. 122, n. 1, p. 319-335, 2016.

DE BARROS SOUSA, Filipe Antônio et al. Aerobic and anaerobic swimming force evaluation in one single test session for young swimmers. **International journal of sports medicine**, v. 38, n. 05, p. 378-383, 2017.

DE HELSINQUE, Declaração. Princípios éticos para as pesquisas médicas em seres humanos. **Associação Médica Mundial: 52ª Assembléia Geral**, 2000.

DE JESUS, Kelly et al. The effects of intensity on $\dot{V}O_2$ kinetics during incremental free swimming. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 9, p. 918-923, 2015.

DE OLIVEIRA MELO, Mônica et al. **Determinação do limiar de lactato utilizando a eletromiografia durante teste máximo progressivo**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

DE PAOLI, Frank Vincenzo et al. Additive protective effects of the addition of lactic acid and adrenaline on excitability and force in isolated rat skeletal muscle depressed by elevated extracellular K^+ . **The Journal of physiology**, v. 581, n. 2, p. 829-839, 2007.

DI MICHELE, Rocco et al. Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming test. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 11, p. 3059-3066, 2012.

DIAS, Marcelo RC et al. Self-Selected Training Load and RPE During Resistance and Aerobic Training Among Recreational Exercisers. **Perceptual and motor skills**, p. 0031512518774461, 2018.

DOMAGALA, M. et al. Changes in a lactate, H^+ ions and base excess concentrations during exercises of different intensities in relation to the phase of menstrual cycle. **BIOLOGY OF SPORT**, v. 18, n. 4, p. 311-319, 2001.

DUMKE, Charles L. et al. Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. **Journal of strength and conditioning research**, v. 20, n. 3, p. 601, 2006.

EDWARDS, S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed.). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993, p. 113–123.

ELMER, David J.; TONEY, Marissa. Respiratory Rate Threshold Accurately Estimates the Second Lactate Threshold. **International journal of sports medicine**, v. 39, n. 04, p. 291-296, 2018.

ESPADA, Mario C. et al. Ventilatory and physiological responses in swimmers below and above their maximal lactate steady state. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2836-2843, 2015.

ESTON, R. G. Perceived Exertion: Recent Advances and Novel Applications in Children and Adults. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 7, n. 2, Supplement, p. S11-S17, 2009.

ESTON, R. G.; WILLIAMS, J. G. Exercise intensity and perceived exertion in adolescent boys. **British Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 1, p. 27-30, 1986.

ESTON, R. Use of ratings of perceived exertion in sports. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 7, n. 2, p. 175-82, Jun 2012.

ESTON, Roger. Use of ratings of perceived exertion in sports. **International journal of sports physiology and performance**, v. 7, n. 2, p. 175-182, 2012.

FABRE, Nicolas et al. A novel approach for lactate threshold assessment based on rating of perceived exertion. **International journal of sports physiology and performance**, v. 8, n. 3, p. 263-270, 2013.

FANCHINI, Maurizio et al. Use of the CR100 scale for session rating of perceived exertion in soccer and its interchangeability with the CR10. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 3, p. 388-392, 2016.

FARRELL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Med Sci Sports**, v. 11, n. 4, p. 338-44, Winter 1979.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Med**, v. 39, n. 6, p. 469-90, 2009.

FAULKNER, J.; ESTON, R. G. Perceived Exertion Research in the 21st Century: Developments, Reflections and Questions for the Future. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 6, n. 1, p. 1 - 14, 2008.

FERGUSON, Brian S. et al. Lactate metabolism: historical context, prior isinterpretations, and current understanding. **European journal of applied physiology**, p. 1-38, 2018.

FERREIRA, Amanda MJ et al. The effect of carbohydrate mouth rinse on performance, biochemical and psychophysiological variables during a cycling time trial: a crossover randomized trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 23, 2018.

FERREIRA, Guilherme A. et al. Identification of training status differences using perceived exertion threshold. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 4, p. 456-459, 2015.

FERREIRA, Guilherme Assuncao et al. Effect of a reduced-CHO diet on the rate of perceived exertion curve during an incremental test. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 24, n. 5, p. 532-542, 2014.

FERREIRA, Guilherme Assunção; OSIECKI, Raul. Predição do limiar de lactato em atletas de endurance a partir da curva de esforço percebido durante teste progressivo. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Setor de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná. 2015. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/37895>

FERREIRA, Maria et al. Changes of the energetic profile in master swimmers over a season. 2016

FINKELESTEIN, Ilana et al. Comparison of the rating of perceived exertion and oxygen uptake during exercise between pregnant and non-pregnant women and between water and land-based exercises. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 1, p. 13-16, 2012.

FORSYTH, Jacky et al. Using lactate threshold to predict 5-km treadmill running performance in veteran athletes. **Biology of sport**, v. 34, n. 3, p. 233, 2017.

FOSTER, Carl et al. A new approach to monitoring exercise training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109-115, 2001.

FRANKEN, Marcos; ZACCA, Rodrigo; CASTRO, FA de S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. **Motriz**, v. 17, n. 1, p. 209-222, 2011.

FRANKENHAEUSER, Marianne et al. Physiological and subjective reactions to different physical work loads. **Perceptual and Motor Skills**, v. 28, n. 2, p. 343-349, 1969.

FULTON, Sacha K. et al. Training characteristics of paralympic swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 2, p. 471-478, 2010.

GAESSER, Glenn A.; POOLE, David C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 24, n. 1, p. 35-70, 1996.

GARBER, Carol Ewing et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

GARCÍA-RAMOS, Amador et al. Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. **European journal of sport science**, v. 15, n. 2, p. 85-93, 2015.

GARCIA-TABAR, Ibai et al. Validity of a single lactate measure to predict fixed lactate thresholds in athletes. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 4, p. 385-392, 2017.

GARCIN, Murielle; VANDEWALLE, Henry; MONOD, Hugues. A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study. **International journal of sports medicine**, v. 20, n. 01, p. 40-43, 1999.

GARNACHO-CASTAÑO, Manuel Vicente et al. Exercise Prescription Using the Borg Rating of Perceived Exertion to Improve Fitness. **International journal of sports medicine**, v. 39, n. 02, p. 115-123, 2018.

GIROLD, Sébastien et al. Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 599, 2007.

GOMES, Antonio Carlos. **Treinamento desportivo: estrututuração e periodização**. Artmed Editora, 2009.

GOODWIN, Matthew L. et al. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. **Journal of diabetes science and technology**, v. 1, n. 4, p. 558-569, 2007.

GRAEF, Fabiane Inês; KRUEL, Luiz Fernando Martins. Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e

aplicações na prescrição do exercício-uma revisão. **Revista brasileira de medicina do esporte. São Paulo: SBME, 1997-.. Vol. 12, n. 4 (jul./ago. 2006), p. 221-227, 2006.**

GRIEP, M. I. et al. Category ratio scale as an alternative to magnitude matching for age-related taste and odour perception. **Food quality and preference**, v. 9, n. 1-2, p. 67-72, 1998.

GRIESS, M.; TEFTBUT, U.; BRAUMANN, K.-M.; BOSSE, M. W.; MAASSEN, N. [abstract] A new method to determine the "max less" workload. *Internacional journal of sports medicine*, 9(5), 379. 1988

GUIGNARD, Brice et al. Perception and action in swimming: Effects of aquatic environment on upper limb inter-segmental coordination. **Human movement science**, v. 55, p. 240-254, 2017.

HAGBERG, James M.; COYLE, Edward F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 15, n. 4, p. 287-289, 1983.

HALL, Mederic M. et al. Lactate: friend or foe. **PM&R**, v. 8, n. 3, p. S8-S15, 2016.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 03, p. 117-130, 1985.

HELD, T.; MARTI, B. Substantial influence of level of endurance capacity on the association of perceived exertion with blood lactate accumulation. **International journal of sports medicine**, v. 20, n. 01, p. 34-39, 1999.

HELMS, Eric R. et al. Self-rated accuracy of rating of perceived exertion-based load prescription in powerlifters. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2938-2943, 2017.

HELSINKI, D. O. Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. **World Medical Association**, 2009.

HERING, Gernot O. et al. A lactate kinetics method for assessing the maximal lactate steady state workload. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 310, 2018.

HETZLER, R. K. et al. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 23, n. 1, p. 88-92, 1991.

HOEFELMANN, Luana Peter et al. Comparação de diferentes métodos para identificação do limiar anaeróbio em nadadores-[doi: 10.4025/reveducfis. v22i2. 9998](https://doi.org/10.4025/reveducfis.v22i2.9998). **Journal of Physical Education**, v. 22, n. 2, p. 297-305, 2011.

HOLFELDER, Benjamin; BROWN, Niklas; BUBECK, Dieter. The influence of sex, stroke and distance on the lactate characteristics in high performance swimming. **PloS one**, v. 8, n. 10, p. e77185, 2013.

HOLLMANN, Wildor. 42 years ago--development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. **Sports medicine (Auckland, NZ)**, v. 31, n. 5, p. 315-320, 2001.

INVERNIZZI, Pietro Luigi et al. Interpretation and perception of slow, moderate, and fast swimming paces in distance and sprint swimmers. **Perceptual and motor skills**, v. 118, n. 3, p. 833-849, 2014.

JACINTA, B.; RODNEY, J. S.; MARK, A. B. Effect of training status and relative exercise intensity on physiological responses in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, p.1648-1656, 2000.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 03, p. 497-504, 1978.

JOTTA DACOSTA, Bruno. **Determinação não invasiva do limiar de lactato por espectroscopia de bioimpedância da musculatura do membro inferior em teste progressivo com remo ergômetro**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

KALVA-FILHO, C. et al. Determination of VO₂-intensity relationship and MAOD in tethered swimming. **Int. J. Sports Med**, v. 37, p. 687-693, 2016.

KANG, J.; HOFFMAN, J. R.; WALKER, H.; CHALOUPKA, E. C.; UTTER, A. C. Regulating intensity using perceived exertion during extended exercise periods. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 5, p. 475-82, Jun 2003

KARAVATAS, Spiridon G.; TAVAKOL, Kamran. Concurrent validity of Borg's rating of perceived exertion in African-American young adults, employing heart rate as the standard. **Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice**, v. 3, n. 1, p. 5, 2005.

KESKINEN, K. L.; KOMI, P. V.; RUSKO, H. A comparative study of blood lactate tests in swimming. **International journal of sports medicine**, v. 10, n. 03, p. 197-201, 1989.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 42, n. 1, p. 25-34, Sep 1979.

LAMBERT, E. V.; GIBSON, A. St Clair; NOAKES, T. D. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 1, p. 52-62, 2005.

LIMA, Manoel Carlos Spiguel et al. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, p. 268-274, 2006.

LIMA, Manoel Carlos Spiguel et al. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, p. 268-274, 2006.

LUCIA, Alejandro et al. Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder?. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 5, p. 872-878, 2003.

MACHADO, Marcus V. et al. Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. **European Journal of Sport Science**, v. 11, n. 3, p. 165-170, 2011.

MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of postexercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. **Exercise physiology**, v. 4, p. 187-200, 1978.

MAGLISCHO, Ernest W. **Nadando o mais rápido possível**. Manole, 2010

MAGLISCHO, Ernest W.; DO NASCIMENTO, Fernando Gomes. **Nadando ainda mais rápido**. Manole, 2003.

MARCORA, Samuele M. Role of feedback from Group III and IV muscle afferents in perception of effort, muscle pain, and discomfort. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 5, p. 1499-1499, 2011.

MARCORA, Samuele. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 6, p. 2060-2062, 2009.

MARKS, L.; GESCHIEDER, G. Psychophysical scaling. In: Pashler, H.; Wixted, J. (Eds.). Stevens`handbook of experimental psychology. 3th ed., vol. 4. New York: Wiley & Sons, 2002. p.91-138.

MARKS, Lawrence E.; BORG, Gunnar; LJUNGGREN, Gunilla. Individual differences in perceived exertion assessed by two new methods. **Perception & Psychophysics**, v. 34, n. 3, p. 280-288, 1983.

MARKS, Lawrence E.; BORG, Gunnar; WESTERLUND, Joakim. Differences in taste perception assessed by magnitude matching and by category-ratio scaling. **Chemical Senses**, v. 17, n. 5, p. 493-506, 1992.

MATOS DA COSTA, Aldo; COSTA, Mário Jorge; ALMEIDA MARINHO, Daniel. Velocidade crítica em natação: uma revisão da literatura. **Motricidade**, v. 11, n. 3, 2015.

MATURANA, Felipe Mattioni et al. Critical power: How different protocols and models affect its determination. **Journal of science and medicine in sport**, 2017.

MCARDLE, W. D. et al. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 33 degrees C. **Journal of applied physiology**, v. 40, n. 1, p. 85-90, 1976.

MCLAREN, Shaun J. et al. Differential training loads and individual fitness responses to pre-season in professional rugby union players. **Journal of sports sciences**, p. 1-9, 2018.

MENDES, Thiago Teixeira et al. Six weeks of aerobic training improves VO₂max and MLSS but does not improve the time to fatigue at the MLSS. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 4, p. 965-973, 2013.

MERCER, Tom. Reproducibility of blood lactate-anchored ratings of perceived exertion. **European journal of applied physiology**, v. 85, n. 5, p. 496-499, 2001.

MIRWALD, Robert L. et al. An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 689-694, 2002.

MOLIK, Bartosz et al. Comparison of Aerobic Performance Testing Protocols in Elite Male Wheelchair Basketball Players. **Journal of human kinetics**, v. 60, n. 1, p. 243-254, 2017.

MONNIER-BENOIT, Philippe; GROSLAMBERT, Alain; ROUILLON, Jean-Denis. Determination of the ventilatory threshold with affective valence and perceived exertion in trained cyclists: a preliminary study. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1752-1757, 2009.

MOONEY, Robert et al. Inertial sensor technology for elite swimming performance analysis: A systematic review. *Sensors*, v.16, n.1, p.18, 2015

MORGADO, José P. et al. Long-term swimming training modifies acute immune cell response to a high-intensity session. **European journal of applied physiology**, p. 1-11, 2018.

NEELY, G. et al. Comparison between the Visual Analogue Scale (VAS) and the Category Ratio Scale (CR-10) for the evaluation of leg exertion. **International journal of sports medicine**, v. 13, n. 02, p. 133-136, 1992.

NEELY, Gregory W. **Category-ratio scaling of sensory magnitude in comparison with other methods**. 1995. Tese de Doutorado. Stockholm University.

NEIVA, Henrique P. et al. Warm-up for sprint swimming: race-pace or aerobic stimulation? A randomized study. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 9, p. 2423-2431, 2017.

NOAKES, T. D.; GIBSON, A. St Clair; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. **British journal of sports medicine**, v. 38, n. 4, p. 511-514, 2004.

NOBLE BJ, ROBERTSON RJ. The role of RPE in graded exercise testing. In: Noble BJ, Robertson RJ, editors. Perceived exertion. Champaign: **Human Kinetics Pub.**, 1996; 215-55.

OLIVEIRA, Diogo R. et al. The oxygen uptake slow component at submaximal intensities in breaststroke swimming. **Journal of human kinetics**, v. 51, n. 1, p. 165-173, 2016.

ORR, GEORGE W. et al. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, v. 52, n. 5, p. 1349-1352, 1982.

OWLES, W. Harding. Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the co₂-combining power of the blood and in the alveolar co₂ pressure. **The Journal of physiology**, v. 69, n. 2, p. 214-237, 1930.

PALLARÉS, Jesús G. et al. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. **PloS one**, v. 11, n. 9, p. e0163389, 2016.

PANDOLF, Kent B. Influence of local and central factors in dominating rated perceived exertion during physical work. **Perceptual and motor skills**, v. 46, n. 3, p. 683-698, 1978.

PAPASSOTIRIOU, Ionas; NIFLI, Artemissia-Phoebe. Assessing performance in pre-season wrestling athletes using biomarkers. **Biochemia medica: Biochemia medica**, v. 28, n. 2, p. 1-11, 2018.

PAPOTI, M. et al. Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. **International journal of sports medicine**, 2013.

PAPOTI, Marcelo et al. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **revista portuguesa de ciências do desporto**, v. 5, n. 1, p. 07-14, 2005.

PAULISTA, FAP Federação Aquática. Natação. **Brasil: FAP**, 2017. Visualizado em 04 de Abril de 2017. Disponível em: <https://www.aquaticapaulista.org.br/arquivos/2016/20161217065816.pdf>

PELARIGO^a, Jailton Gregório et al. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0167263, 2017.

PELARIGO^b, Jailton Gregório et al. Comparison Of Different Methods For The Swimming Aerobic Capacity Evaluation. **Journal of strength and conditioning research**, 2017.

PENNA, Eduardo Macedo et al. Mental Fatigue Impairs Physical Performance in Young Swimmers. **Pediatric exercise science**, v. 20, n. XX, p. 1-8, 2017.

PIATRIKOVA, Eva et al. Validity and Reliability of the 3-Minute All-Out Test in National and International Competitive Swimmers. **International journal of sports physiology and performance**, p. 1-24, 2018.

PINHEIRO, Fabiano Aparecido; VIANA, Bruno; PIRES, Flávio Oliveira. Percepção subjetiva de esforço como marcadora da duração tolerável de exercício. **Motricidade**, v. 10, n. 2, p. 100-106, 2014.

PLATONOV, Vladimir. **Treinamento desportivo para nadadores de alto nível**. Phorte, 2005.

POTGIETER, Sunita; WRIGHT, Hattie H.; SMITH, Carine. Caffeine Improves Triathlon Performance: A Field Study in Males and Females. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, p. 1-34, 2018.

PSYCHARAKIS, Stelios G. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 420-426, 2011.

PYNE, David B.; LEE, Hamilton; SWANWICK, Kim M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 2, p. 291-297, 2001.

QUITTMANN, Oliver J. et al. Lactate kinetics in handcycling under various exercise modalities and their relationship to performance measures in able-bodied participants. **European journal of applied physiology**, p. 1-13, 2018.

RAMA, Luis M. et al. Carga de Treino e Percepção de Esforço em Natação Pura Desportiva: uso de escalas de percepção de esforço na monitorização da carga em microciclos de treino. **Boletim Sociedade Portuguesa de Educação Física**, n. 33, p. 53-71, 2017.

REHUNEN, S. et al. High-energy phosphate compounds during exercise in human slow-twitch and fast-twitch muscle fibres. **Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation**, v. 42, n. 6, p. 499-506, 1982.

ROBERTSON, Robert J.; NOBLE, Bruce J. 15 Perception of Physical Exertion: Methods, Mediators, and Applications. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 25, n. 1, p. 407-452, 1997.

ROOS, Lilian et al. Factors That Influence the Rating of Perceived Exertion After Endurance Training. **International journal of sports physiology and performance**, p. 1-21, 2018.

SCHERR, Johannes et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 1, p. 147-155, 2013.

SCHNITZLER, Christophe et al. Does water temperature influence the performance of key survival skills?. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 28, n. 3, p. 928-938, 2018.

SILVA, Adelino Sanchez Ramos da et al. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 4, p. 233-237, 2005.

SILVA, Rafael Gonçalves et al. Frequência cardíaca máxima em atletas de natação. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.

SIMÕES, H. G. et al. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 5, p. 161-70, 2000.

SIMÕES, Herbert Gustavo et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 12, n. 1, p. 17-30, 2017.

SIRI, William E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for measuring body composition**, v. 61, p. 223-44, 1961.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International journal of sports medicine**, v. 2, n. 01, p. 23-26, 1981.

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. M. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res Q Exerc Sport**, v. 51, n. 1, p. 234-48, Mar 1980.

SKINNER, JAMES S. et al. The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion. **Medicine and science in sports**, v. 5, n. 2, p. 94-96, 1973.

SMITH, Clare G.; JONES, Andrew M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **European journal of applied physiology**, v. 85, n. 1, p. 19-26, 2001.

SOULTANAKIS, Helen N.; MANDALOUFAS, Markos F.; PLATANOU, Theodoros I. Lactate threshold and performance adaptations to 4 weeks of training in untrained swimmers: volume vs. intensity. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 131-137, 2012.

SOUSA, Ana et al. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 8, p. 2153-2158, 2013.

STEGMANN, H .; KINDERMANN, W .; SCHNABEL, A. Cinética de lactato e limiar anaeróbio individual. **Revista internacional de medicina esportiva** , v. 2, n. 03, p. 160-165, 1981.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International journal of sports medicine**, v. 2, n. 03, p. 160-165, 1981.

STEVENS, Stanley Smith. **Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects**. Routledge, 2017.

STEVENS, Stanley Smith. **Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects**. Routledge, 1975.

SUK, Min-Hwa; YU, Kyung-Hun; SHIN, Yun-A. Comparison of tests for measuring maximal exercise ability in elite swimmers. **Journal of exercise rehabilitation**, v. 12, n. 3, p. 209, 2016.

SUZUKI, Flavio G. et al. Esforço percebido durante o treinamento intervalado na natação em intensidades abaixo e acima da velocidade crítica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 7, n. 3, p. 299-307, 2007.

SVEDAHL, Krista; MACINTOSH, Brian R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 2, p. 299-323, 2003.

TANNER, James Mourilyan. Crescimento na adolescência. 1962

TANNER, Rebecca K.; FULLER, Kate L.; ROSS, Megan LR. Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. **European journal of applied physiology**, v. 109, n. 3, p. 551-559, 2010.

TAYECH, A. et al. Test-retest reliability and criterion validity of a new Taekwondo anaerobic intermittent kick test. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2018.

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Artmed Editora, 2009.

UEDA, T.; KUROKAWA, T. Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. **International journal of sports medicine**, v. 16, n. 06, p. 385-389, 1995.

WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M.; COUTTS, A. J. A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training Responses. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 1, p. 11-20, Jan 2014.

WALLACE, Lee K.; SLATTERY, Katie M.; COUTTS, Aaron J. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 33-38, 2009.

WASSERMAN, Karlman; MCILROY, Malcolm B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American journal of cardiology**, v. 14, n. 6, p. 844-852, 1964.

WELTMAN, Arthur. **The blood lactate response to exercise**. Human Kinetics Publishers, 1995.

WIEWELHOVE, Thimo et al. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 56, n. 5, p. 606-615, 2016.

ZACCA, Rodrigo et al. Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. **European journal of applied physiology**, v. 110, n. 1, p. 121-131, 2010.

ZACCA, Rodrigo et al. Swimming training assessment: the critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1365-1372, 2016.

ZAGATTO, A. M. et al. The Hoff circuit test is more specific than an incremental treadmill test to assess endurance with the ball in youth soccer players. **Biology of sport**, v. 33, n. 3, p. 263, 2016.

ZAMUNÉR, Antonio R. et al. Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with the Borg CR-10 scale. **Journal of sports science & medicine**, v. 10, n. 1, p. 130, 2011.

ZURUTUZA, Unai et al. Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football. **Frontiers in psychology**, v. 8, p. 878, 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, Professor Dr. Raul Osiecki e Jhonny Kleber Ferreira da Silva, aluno de pós-graduação - da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, atleta de natação, a participar de um estudo intitulado **“Predição dos limiares de transição fisiológica em atletas nadadores a partir da curva de esforço percebido durante teste incremental”**. A identificação do limar de transição fisiológica através da percepção de esforço se torna atraente opção não-invasiva e de baixo custo operacional, para controle da função perceptiva, da intensidade de treinamento e avaliação da aptidão física de atletas de natação.

a) O objetivo desta pesquisa é obter evidências de eficácia na utilização de método alternativo não invasivo e de baixo custo operacional - por meio da percepção de esforço - para prever os limiares de transição fisiológica - limiar de lactato - em atletas nadadores durante teste progressivo em piscina.

b) Caso você participe da pesquisa, será necessário à realização de um teste progressivo em uma piscina de 25 metros para a identificação de limiares de transição. Em um primeiro momento, irá fazer um aquecimento de 400 metros crawl de baixa a moderada intensidade com duração de 4 a 8 minutos e em seguida um teste com intensidade máxima nadando 100 metros nado crawl para identificação do seu melhor tempo, com intervalo de uma semana, em um segundo momento, os atletas serão submetidos à avaliações e medidas do corpo - avaliação do peso corporal, estatura e percentual de gordura, através da coleta de espessuras das gorduras do corpo (subescapular, tricipital, peitoral, axilar média, supra ilíaca, abdominal e coxa medial) - para a caracterização da amostra. Posteriormente, um aquecimento de 400 metros em nado crawl de intensidade baixa a moderada semelhante ao primeiro momento será realizada e o teste progressivo em piscina irá ocorrer por meio do protocolo de Keskinen, Komi, Rusko (1989) adaptado, este protocolo progressivo consiste em números estágios de 100 metros com incremento da intensidade a cada estágio. O você realizará aproximadamente 5 a 8 estágios, de acordo com o percentual da intensidade individual, estipulado pelo seu melhor tempo nos 100 metros no nado crawl registrado. O estágio inicial consiste em um acréscimo de 25 segundos ao melhor tempo do atleta (MT+25 segundos), essa somatória determina o tempo em que você realizará o primeiro estágio. A partir do primeiro estágio com tempo pré-estabelecido, os demais estágios terão decréscimos de 4 segundos. O intervalo entre os estágios será um tempo fixo de 2 minuto. Anteriormente ao aquecimento e após o aquecimento, ao final de cada estágio do teste e imediatamente após o teste progressivo, as concentrações de lactato sanguíneo serão obtidas através de 07 µl de sangue capilar da ponta do dedo indicador esquerdo, um equivalente a uma gota de sangue, por meio de materiais descartáveis (perfuradores e fitas de coletas de sangue). A percepção subjetiva de esforço será mensurada através da escala de Borg CR-10, uma escala com numeração de 0 a 10 o qual irá indicar o valor da sua percepção de esforço em determinado

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____

Orientador _____
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
 Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
 cometica.saude@ufpr.br - telefone (041) 3360-7259

momento. Durante a realização da pesquisa, você será orientado a não praticar exercícios físicos nas 48 horas antecedentes aos testes, não ingerir bebida alcoólica ou com cafeína nas 24 horas anteriores e a registrar o consumo alimentar do dia do teste.

c) Para tanto, você deverá comparecer Complexo esportivo Pedro Dell’Antonia localizado na Rua São Pedro, 27 - Bairro Silveira, Santo André - SP, cep :09121-390 para realizar o teste progressivo na piscina, o que levará aproximadamente uma hora.

d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado à dor muscular, cansaço e/ou desconforto na inserção da lanceta na ponta do dedo indicador, durante e logo após o teste. Além disso, deve estar ciente que poderá apresentar náuseas e/ou vômitos decorrentes do esforço na realização dos testes. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine - ACSM*). O risco de mal súbito, considerado como qualquer ocorrência repentina da perda súbita da consciência, como desmaios, hipoglicemia, vertigem, dentre outros, é mínimo, mas poderá ocorrer. Sendo assim, durante todo o teste, o participante terá a presença de um médico, para que auxilie na interpretação dos sinais de mal súbito e para que forneça o suporte básico e avançado, necessários para reverter o quadro.

e) Alguns riscos mínimos, relacionados ao estudo podem ser esperados, como dor muscular tardia. No entanto, um dos critérios de inclusão para o estudo é experiência prévia com a natação e nível de desempenho físico suficiente para a execução do teste. Dessa forma, a atividade proposta é de conhecimento dos indivíduos e faz parte da rotina de avaliações de desempenho dos mesmos.

f) Os benefícios esperados com essa pesquisa incluem determinação de variáveis práticas e de baixo custo para a avaliação e o controle da intensidade do treinamento, para então uma prescrição segura do mesmo. Além disso, o espaço literário poderá ser preenchido com esclarecimentos sobre o tema. Nem sempre você será diretamente beneficiado com o resultado da pesquisa, mas poderá contribuir para o avanço científico.

g) Os pesquisadores Professor Dr. Raul Osiecki e aluno de pós-graduação Jhonny Kleber Ferreira da Silva, responsáveis por este estudo, poderão ser localizados no laboratório do Centro de Estudos da Performance Física - CEPEFIS, na Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua Coração de Maria, 92 | CEP 80210-132 | Campus Jardim Botânico | Curitiba | PR | Brasil, através do e-mail raulfisioex@gmail.com ou jhow_kleber@hotmail.com e/ou através dos telefones (41) 8832-1011 | (41) 99720-1741, no horário de 9h às 17h, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.

i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas (Orientador e mestrando responsável). No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.**

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____
Orientador _____

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
 Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
 cometica.saude@ufpr.br - telefone (041) 3360-7259

j) O material obtido - amostras biológicas, questionários, imagens e vídeos - será utilizado unicamente para essa pesquisa. As amostras biológicas coletadas (sangue capilar da ponta do dedo indicador, para a avaliação das concentrações de lactato sanguíneo) será utilizada durante a pesquisa e após destruído/descartado em local apropriado, informado pelo Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná/UFPR dentro de 6 meses.

k) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

l) As despesas necessárias para a realização da pesquisa como transporte, materiais para coleta de dados e alimentação durante a realização dos testes não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.

m) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

n) Autorizo (), não autorizo (), o uso de minha amostra de sangue e dados coletados para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito ao estudo.

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim. Eu entendi o que não posso fazer durante a pesquisa.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, ____ de _____ de ____.

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____
Orientador _____

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
 Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
 cometica.saude@ufpr.br - telefone (041) 3360-7259

Assinatura do Participante de Pesquisa ou Responsável Legal

Assinatura do Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE

Participante da Pesquisa e/ou Responsável Legal _____
Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE _____
Orientador _____

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
Rua Padre Camargo, 285 | térreo | Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 |
cometica.saude@ufpr.br - telefone (041) 3360-7259

ANEXO

Escala de Borg CR-10

ANEXO 1 – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO CR-10 (BORG, G. A., 1982).

Escala CR-10 de Borg	
0	Sem nenhum esforço
0,3	
0,5	Extremamente fraco
1	Muito fraco
1,5	
2	Fraco
2,5	
3	Moderado
4	
5	Forte
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Extremamente forte
...	
●	Máximo absoluto
<small> Escala RPE de Borg ©Gunnar Borg, 1981, 1982, 1988 </small>	

Instruções para a Escala CR-10 de Borg

Instruções básicas: 10, "Extremamente forte - D Máx.", é a âncora principal. É a percepção (D) mais intensa que você já experimentou. Contudo, pode ser possível experimentar ou imaginar algo ainda mais forte. Portanto, o "Máximo absoluto" está posicionado um pouco mais abaixo na escala, sem receber um número fixo; esse nível está marcado por um ponto "●". Se você perceber uma intensidade maior do que 10, poderá usar um número mais elevado.

Comece com uma *expressão verbal* e, em seguida, escolha um *número*. Se a sua percepção é "Muito fraca", escolha 1; se "Moderada", escolha 3 etc. Fique à vontade para utilizar meios valores (como 1.5 ou 3.5) ou decimais (como, por exemplo, 0.3; 0.8 ou 2.3). É muito importante que você responda o que percebeu, e não o que acredita que deveria responder. Seja o mais honesto possível, e tente não superestimar nem subestimar as intensidades.

Estimativa do esforço percebido: Desejamos que você estime o seu esforço percebido (D), ou seja, como você sente a intensidade do exercício pesado. Isso depende principalmente da tensão e da fadiga nos seus músculos e da sua sensação de falta de ar ou de dores no peito. Mas você deve prestar atenção somente às suas sensações subjetivas e não aos sinais fisiológicos ou em qual é a atual carga física.

- 1 Corresponde a um exercício "muito fraco", o mesmo que andar lentamente em seu próprio ritmo, durante alguns minutos.
 - 3 Não é especialmente intenso e a pessoa não terá problemas em continuar.
 - 5 Você está cansado, mas não tem grandes dificuldades.
 - 7 Você ainda pode prosseguir, mas terá de se esforçar muito e se sentirá bastante cansado.
 - 10 Essa é a maior intensidade que a maioria das pessoas já vivenciou anteriormente.
- Esse é o "Máximo absoluto", por exemplo, 11, 12 ou superior.

Classificação da dor: Quais são as suas piores experiências com a relação à dor? Se você usar 10 como o maior esforço que já vivenciou, ou que pode imaginar, como estimaria as suas três piores experiências de dor?

- 10 “Extremamente forte – D Máx.” é o seu principal ponto de referência. Ele está ancorado em sua pior dor previamente vivenciada, que você acabou de descrever: a “D Máx.”.
- Sua pior dor vivenciada, “D Máx.”, pode não ser o nível mais elevado possível. Pode existir uma dor ainda pior. Se o que você sentiu é um pouco mais intenso, estimará a sensação como 11 ou 12. Se for muito mais intenso, por exemplo, 1.5 o “D Máx.”, você estimará como 15!

Ficha de avaliação

Nome:

Local de treino:

Data de nascimento:

Idade:

Categoria:

E-mail:

Telefone: ()

Dados Antropométricos e Composição Corporal

Peso:	Comprimento da perna	Estatura:	Estatura sentado:	Maturação Sexual
TR:	SB:	SI:	AB:	
PT:	AXM:	CX:	PNT:	

Protocolo n de 100 metros Crawl

Estímulos		Tempo				PSE	[La]
	Metros	25m	50m	75m	100m		
1º	Tempo a realizar						
	Realizado						
2º	Tempo a realizar						
	Realizado						
3º	Tempo a realizar						
	Realizado						
4º	Tempo a realizar						
	Realizado						
5º	Tempo a realizar						
	Realizado						
6º	Tempo a realizar						
	Realizado						
7º	Tempo a realizar						
	Realizado						
8º	Tempo a realizar						
	Realizado						

Avaliação de treinamento

1-) Qual seu principal estilo?

(☐) Crawl (☐)Costa (☐)Peito (☐)Borboleta (☐)Medley

2-) Qual seu Segundo principal estilo?

(☐) Crawl (☐)Costa (☐)Peito (☐)Borboleta (☐)Medley

3-) Você é :

(☐)velocista (☐) meio fundista (☐)Fundista

4-) Qual a distância que você nada? (colocar a **1º** e a **2º** distancia)

(☐) 50 metros (☐) 100 metros (☐) 200 metros (☐) 400 metros (☐) 800 metros (☐) 1500 metros

5-) Quanto tempo você já treina natação? _____ anos

6-) Durante esse tempo ficou um período mais que duas semanas sem nadar devido uma lesão?
(fora as férias)

(☐) Sim (☐) não Quanto tempo: _____

7-) Quantidade de treino semanal é: _____ vezes

8-) A metragem de treino semanal é: _____ metros

9-) O tempo de treino diário é: _____ horas

10-) Que tipo de Campeonatos você participa? (☐) Campeonatos Regionais (☐) Campeonatos Estaduais (☐) Campeonatos Nacionais (☐) Campeonatos Internacionais